



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

TRABAJO DE GRADO:

**USO DE DISTINTOS AGREGADOS FINOS, GRUESOS, FIBRAS Y CELULOSA
EN EL CONCRETO PARA EL PREFABRICADO DE MUROS TRANSLÚCIDOS**

PRESENTADO POR:

WILMER YAHIR ROJAS RINCÓN

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
28 DE ABRIL DEL 2019
BOGOTÁ, D. C.**



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:

**USO DE DISTINTOS AGREGADOS FINOS, GRUESOS, FIBRAS Y CELULOSA
EN EL CONCRETO PARA EL PREFABRICADO DE MUROS TRANSLÚCIDOS**

**PRESENTADO POR:
WILMER YAHIR ROJAS RINCÓN**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**DOCENTE ASESOR:
ABRAHAM RUIZ VÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
28 DE ABRIL DEL 2018
BOGOTÁ, D. C.**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Firma presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, _____

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día, y especialmente por mi vida.

A mi padre, madre y hermana, que durante estos años son las personas que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, dándome fortaleza, consejos, valores y enseñanza de esfuerzo.

A mi pareja que, con su apoyo, paciencia y buenas acciones, me han motivado constantemente para que salga adelante en este crecimiento que he tenido como profesional.

A la Universidad Católica de Colombia y a todos sus integrantes por haberme dado la oportunidad de superarme en lo profesional y lo académico.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de ejemplo que me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre mostrando una actitud positiva.

A mi padre, que su ejemplo de hombre responsable y dedicado me enseña que la vida es un paso a paso y con la constancia se pueden lograr muchos objetivos.

A mi hermana, que su ejemplo me muestra otros puntos de vista imperceptibles muchas veces para mí.

A mi pareja, que con su compromiso y a amor me han hecho un mejor hombre estos años.

Al ingeniero Abraham Ruiz Vásquez, por su dedicación, motivación, orientación y paciencia, para el desarrollo de esta investigación.

A Hugo Rondón, que, con su apoyo en el laboratorio, fue posible obtener los resultados confiables y a tiempo.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

CONTENIDO	pág.
1. TÍTULO	13
2. ALTERNATIVA	13
3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	13
3.1 EJE TEMÁTICO.....	13
4. INTRODUCCIÓN	14
5. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	15
5.1 ANTECEDENTES.....	15
5.2 JUSTIFICACIÓN.....	15
6. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
6.1 PLANTEAMIENTO	17
6.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
7. MARCOS DE REFERENCIA	18
7.1 MARCO TEÓRICO	18
7.1.1 DISEÑOS DE MEZCLA PARA REALIZACIÓN DEL CONCRETO.....	20
7.1.2 IMPACTO AMBIENTAL DE LOS CONCRETO.....	30
7.2 MARCO CONCEPTUAL	31
7.3 MARCO HISTORICO.....	32
7.4 MARCO LEGAL.....	33
7.5 ESTADO DEL ARTE	34
8. OBJETIVOS	36
8.1 GENERAL	36
8.2 ESPECÍFICOS.....	36
9. ALCANCES Y LIMITACIONES	37

9.1	ALCANCES	37
9.2	LIMITACIONES	37
10.	METODOLOGÍA	38
10.1	ETAPA 1. VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN.....	39
10.1.1	PROCEDIMIENTO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS	39
10.2	ETAPA 2. CARATERIZACIÓN DEL CONCRETO MODIFICADO Y CONVENCIONAL.....	40
10.2.1	PROCESO DE INVESTIGACION DE LOS MATERIALES.	40
10.2.2	DIAGRAMA PARA LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO.....	46
10.2.3	CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR	47
10.2.4	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	47
10.2.5	ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP) DE LOS CONCRETOS 48	
10.2.6	DETERMINACION DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.	49
10.2.7	DETERMINACION DE LA ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE. 51	
10.2.8	DETERMINACION DEL TAMAÑO MÁXIMO, LA TEXTURA Y LA FORMA DE LOS AGREGADOS.	51
10.2.9	ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO:	52
10.2.10	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE, AGREGADO FINO Y GRUESO.....	52
10.2.11	DETERMINACIÓN DE LAS MASAS UNITARIAS DE LOS MATERIALES GRANULARES.	53
10.2.12	DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA COMPACTA.	53
10.2.13	DETERMINACIÓN DE LAS MASAS UNITARIAS SUELTAS.	53
10.2.14	DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES DE LOS CEMENTOS. ..	54

10.2.15	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS CONCRETO:	54
10.2.16	RELACIÓN AGUA CEMENTO DE LOS CONCRETOS	55
10.2.17	CONTENIDO DE CEMENTO DE LOS CONCRETOS:	55
10.2.18	ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADOS GRUESOS Y AGREGADOS FINOS PARA LOS CONCRETOS.	56
10.2.19	EL DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETOS.	56
10.3	ETAPA 3. ENSAYOS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS.....	57
10.3.1	ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LOS CONCRETOS.....	57
10.3.2	DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO Y TIEMPOS DE CURADO DE LOS CONCRETOS.	58
10.3.3	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CONCRETOS CONVENCIONAL Y TRASLUCIDO.....	59
10.4	ETAPA 4. OBSERVACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LOS CILINDROS DE CONCRETO PARA FUTUROS USOS.	62
10.4.1	PRUEBA DE EXPOSICIÓN ABIERTA A LA LUZ SOLAR	62
10.4.1	DETERMINACIÓN DE LA TRASLUCIDEZ A LOS CONCRETOS.....	63
10.4.2	COMPARATIVO DE LOS MATERIALES EN CADA MEZCLA DE CONCRETOS.	66
11.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
11.1	RESULTADOS FABRICACIÓN DE LOS CILINDROS DE CONCRETOS. 67	
11.2	RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CONVENCIONAL Y MODIFICADOS.....	68
11.3	RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS CONCRETOS TRADICIONALES Y TRASLUCIDOS.....	70
11.4	RESULTADOS PRUEBA DE LA TRASLUCIDEZ DE LOS CONCRETOS. 70	
11.4.1	PRUEBA DE LUZ CONSTANTE.	70

11.5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CONCRETOS TRADICIONALES Y TRASLUCIDOS..	71
12. CONCLUSIONES	75
13. RECOMENDACIONES	77
14. BIBLIOGRAFÍAS	78
15. ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS	Pág.
<i>Tabla 1. NSR10 C.5.3.1.2 — Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 2. C.5.3.2.1 — Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 3. NSR10 C.5.3.2.2 — Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4 Consistencia y asentamientos.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 5. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 6. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 7. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 8 Cuadro comparativo de los cilindros.</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 9. Diseño de mezcla de los concretos.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 10. Proporciones en peso de la mezcla convencional y modificados</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 11 Resultados del Luxómetro</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 12. Resultados de la resistencia a la compresión de los concretos.....</i>	<i>71</i>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	Pág.
<i>Ilustración 1. Fotografías sobre concretos translucidos realizados.</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 2: Etapas de la metodología.</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 3. Arena del Guamo.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 4. Imagen de la fibra óptica.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 5. NSR10 CR5.3 — Diagrama de flujo para la selección y documentación de la dosificación del concreto.</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 6. Resistencia a la compresión vs. a/c.....</i>	<i>55</i>

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	Pág.
<i>Fotografía 1. Piedra Cuarzo.</i>	<i>40</i>
<i>Fotografía 2. Cemento Blanco.</i>	<i>41</i>
<i>Fotografía 3. Arena de Ottawa</i>	<i>42</i>
<i>Fotografía 4. Celulosa.</i>	<i>42</i>
<i>Fotografía 5. Piedra Pómez.</i>	<i>43</i>
<i>Fotografía 6. Vidrio Común.</i>	<i>43</i>
<i>Fotografía 7. Grava Común.</i>	<i>44</i>
<i>Fotografía 8. Fibra Óptica.....</i>	<i>44</i>
<i>Fotografía 9. Implementos utilizados para determinar la granulometría de los agregados finos y grueso (Tamices, recipiente de fondo y bandejas).</i>	<i>50</i>
<i>Fotografía 10. Obtención de material granular para los concretos tradicional y translucidos.</i>	<i>50</i>
<i>Fotografía 11. Materiales granulares, fotografías tomada en el Laboratorio de Resistencia de Materiales Universidad Católica de Colombia.</i>	<i>51</i>
<i>Fotografías 12. Fabricación de los tipos de los concretos.</i>	<i>58</i>
<i>Fotografía 13. Luxómetro</i>	<i>63</i>

Fotografía 14. Materiales usados y medidos para prueba de translucidez. _____	64
Fotografía 15. Materiales siendo medidos a la prueba del luxómetro. _____	65
Fotografía 16. Ensayos de Compresión a los cilindros de concretos convencionales como modificados. _____	59
Fotografía 17. Cilindros de concretos convencionales y modificados fallados. ____	60
Fotografía 18. Determinación de la resistencia a la compresión con la maquina universal de los concretos convencional como modificado. _____	61
Fotografía 19. Fabricación de cilindros translucidos con celulosa _____	67
Fotografía 20 Prueba a la luz solar con luxómetro unidad de medida Kfc. _____	62

ÍNDICE DE GRAFICAS

Pág.

Gráfica 1. Carga máxima vs porcentaje alcanzado a los 3000 PSI concreto convencional.....	73
Gráfica 2. Carga máxima vs porcentaje alcanzado a los 3000 PSI concreto modificado.	73
Gráfica 3. Comparativa de la carga máxima vs porcentaje alcanzado a los 3000 PSI de los concretos modificado como convencional.....	74

PERIODO: 2019-I

- **PROGRAMA ACADÉMICO:** Ingeniería Civil
- **ESTUDIANTE:** WILMER YAHIR ROJAS RINCÓN
- **CÓDIGO:** 505632
- **DIRECTOR SUGERIDO** ABRAHAM RUIZ VAZQUEZ
- **ALTERNATIVA** Trabajo de investigación

1. TÍTULO

Uso de distintos agregados finos, gruesos, fibras y celulosa en el concreto para el prefabricado de muros translúcidos

2. ALTERNATIVA

Trabajo de investigación

3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Materiales-Comportamiento de materiales granulares

3.1 EJE TEMÁTICO

Materiales compuestos - Mezclas

4. INTRODUCCIÓN

El consumo de los recursos naturales es de por sí en la construcción lo más importante para la elaboración de todo tipo de obras muchos de ellos son renovables como otros no lo son, y la luz natural es uno de los beneficios que todos quisieran tener en las edificaciones pero debido a los materiales se usan los en las obras, los materiales utilizados como el concreto no permiten el paso de luz, la industria de la construcción desarrolla nuevas e innovadoras ideas, así como en el diseño como la parte estética de toda obra. Por ello, los nuevos materiales innovan en la construcción.¹

El concreto translúcido es una opción para generar un menor consumo de gastos de energía y darle paso a la luz natural, este no solo trae ventajas de diseño sino de estructuras de arquitectura. Se trata de un concreto que, como su nombre lo indica, tiene la propiedad de dejar pasar la luz a través de él.²

Existen otros materiales que tienen la característica de ser transparentes o translúcidos, pero estos no tienen las características ni las propiedades para soportar cargas o condiciones, algunas extremas como los estados del tiempo o clima, entre otras, que ha diferencia con el concreto si se puede. El concreto como es sabido es el material que más se usa en construcción y por ello se busca un concreto el cual de la capacidad de transmitir ondas de luz a través de este, dando como resultado una investigación experimental para analizar la conducta de los diferentes materiales como lo son: cuarzo, arena de Ottawa, fibra óptica, cemento Portland tipo I, y celulosa para la fabricación de un concreto que logre pasar parte de la luz y permita la resistencia a la compresión.³

¹ HOYOS, Alain. Concreto translúcida transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas. magíster, 2012.

² Congreso Internacional de materiales. avances en el desarrollo de los concretos translúcidos. Medellín.2014, No. 5 pp. 81-86.

³ MONCALEANO Johana, JARAMILLO Guillermo. Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. Modalidad Investigación, 2016. Pag 14-15-16.

5. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

5.1 ANTECEDENTES

En 1999 el arquitecto estadounidense Bill Price creó la primera muestra de hormigón translúcido, esta muestra fue creada a base de pedazos de vidrio y plástico translúcido. A pesar de eso la invención del hormigón translúcido se le imputa a Aron Losonczi, un arquitecto húngaro, que patentó el producto en el año 2002 donde utilizó fibras ópticas en el hormigón como forma de traspaso de la luz. Losonczi creó su propia empresa donde diseñó unas baldosas que durante el día tienen el aspecto normal de hormigón, pero en la noche se iluminan.⁴

México comercializa un cemento con la patente de concreto translucido llamado Ilum, los autores son ingenieros civiles, (Joel Sosa Gutiérrez Sergio y Omar Galván Cáceres) que en el 2005 vieron que su concreto tiene la capacidad de ser 30 por ciento más ligero y puede ser colado bajo el agua, utilizaron agregados finos, gruesos, cemento blanco, fibras, agua y un aditivo cuya fórmula es secreta, este lo usan en plataformas marítimas para las corrosiones del agua de mar.⁵

En Colombia la compañía Elyte Supplies SAS, en el año 2012 desarrollaron Cenefas en concreto translucido instaladas en una cocina. Adicional se han hecho investigaciones como la publicación de la Universidad Nacional de Colombia “transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino”, desarrollada por A. Hoyos (2012), en donde desarrollan el estudio para cuantificar la cantidad de luz que puede pasar a través de estos materiales.⁶

Otra investigación de la Universidad de la Salle “concreto translúcido: uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso”, desarrollada por C. Moncaleano (2016), en donde desarrollan el estudio para el efecto de los diferentes agregados finos tales como arena de sílice arena de Ottawa y cuarzo molido y diferentes fibras como fibra de vidrio y fibra de Nylon en la resistencia a la compresión y transmitancia óptica del concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso.⁷

5.2 JUSTIFICACIÓN

⁴ (MARTÍNEZ, María. Hormigón Translúcido Con Fibra Óptica. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia. Manufactura y producción, 2011, pág. 12)

⁵ (MARTÍNEZ, María. Hormigón Translúcido Con Fibra Óptica. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia. Manufactura y producción, 2011, pág. 13)

⁶ (HOYOS, Alain. Concreto translúcido transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas. magíster, 2012.)

⁷ (MONCALEANO Johana, JARAMILLO Guillermo. Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. Modalidad Investigación, 2016. Pág)

Este trabajo de grado se enfoca en una línea de investigación para el uso de nuevos materiales de construcción basado en la experimentación, este nuevo concepto podrá ayudar a la arquitectura y a su diseño, cumpliendo con los requerimientos de ingeniería, generando nuevas propuestas de usos y aplicaciones para el confort ya sea en turismo con lugares de mayor iluminación, en el hogar para generar visualmente espacios de mayor calidad, a nivel empresarial como en oficinas, entre muchas más opciones, en el cual basando la información del pregrado se puede encaminar este proyecto por el conocimiento ya adquirido.

Se busca crear una alternativa en el concreto para que el traspaso de la luz y la resistencia a la compresión sea óptimo por lo cual se buscan materiales no convencionales para así también conocer sus propiedades mecánicas del concreto, esto puede traer un ahorro en general permiten el paso de más del 70% de la luz, es más ligero, resistente a altas temperatura, ahorra materiales para acabados, mayor impermeabilidad, ahorra energía eléctrica y es resistente al ataque de las sales importante en las construcciones además de brindar el concepto de arquitectura moderna que es el concreto en superficies o concreto a la vista.

6. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

6.1 PLANTEAMIENTO

El cemento tiene un sin fin de empleos en la construcción tanto desde el punto de vista de lo arquitectónico como en las diferentes estructuras que se pueden fabricar. Con los años y el avance de las técnicas constructivas ha sido desde un simple material conglomerante, hasta ser un elemento decorativo de alto rendimiento.

El concreto proviene de la extracción de los minerales y agregados que junto al cemento permiten su fabricación. Estos materiales son adquiridos de la naturaleza, y el cuarzo es uno de los materiales de mayor abundancia en nuestro planeta donde también tiene la capacidad de resistencia, según la escala de Mohs es de 7 es decir que tiene muchas opciones para ser utilizado en el campo de la construcción, además de este, la fibra óptica la cual nos dará un gran porcentaje de importancia en la traspaso de luz que junto al vidrio son materiales casi transparentes que permitirán un gran desempeño para este objetivo.

La celulosa lo que pretende es darle resistencia y compactación al concreto para que este no pierda propiedades, sino que aumente su resistencia a cortante con estos materiales a utilizar.

Se pretende en el concreto la transmitancia óptica, para así disminuir en parte el uso de energía eléctrica a diferencia de un concreto convencional, donde este no permite el paso de luz por su apariencia y color no claro. Un concreto translúcido permite la estética y es más limpio en su terminado comparado con un concreto tradicional.

6.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera el uso y aplicación de materiales en concreto translúcido contribuye al mejoramiento de la construcción?

7. MARCOS DE REFERENCIA

7.1 MARCO TEÓRICO

El concreto translúcido tiene una muy buena resistencia a la compresión y tampoco impide el paso de la luz a través de éste, además es muy resistente al ataque de las sales en el mar. Por consiguiente, se pretende aclarar algunos términos a saber.

Fibra óptica: Filamento de material dieléctrico, capaz de conducir y transmitir impulsos luminosos de uno extremo a otro, permite la transmisión de comunicaciones telefónicas, de televisión, etc., a gran velocidad y distancia, sin necesidad de utilizar señales eléctricas.

Vidrio: Material transparente o translúcido, duro y frágil a la temperatura, se obtiene fundiendo una mezcla de sílice con potasa o sosa y pequeñas cantidades de otras bases, y a la cual pueden darse distintas coloraciones mediante la adición de óxidos metálicos, se emplea para fabricar recipientes, materiales de construcción, lentes ópticas, entre muchas otras.

Luxómetro: “Un luxómetro (también llamado lux metro o light meter) es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes.”⁸

Agua: Sustancia líquida que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, está constituida por hidrógeno y oxígeno (H₂O). El agua en el concreto tradicional contiene un porcentaje del 10% a 24%, esta debe estar libre de impurezas ya que puede afectar la calidad del concreto.

Concreto: es una mezcla de cemento, agua, agregados finos y gruesos el cual puede soportar grandes esfuerzos a compresión, pero no a esfuerzos como la tensión, torsión o cortante.

Concreto con transmitancia óptica: es una mezcla de diferentes agregados finos, gruesos, agua y cemento el cual permitir el traspaso de la luz generando un ahorro de energía y en los acabados arquitectónicos.

Agregados: según la ASTM es aquel material granular el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero. Estos materiales se usan para llenar espacios vacíos tras la

⁸ International Journal of Inventive Engineering and Sciences. Light Transmitting Concrete by using Optical Fiber. ISSN: 2319-9598, Volume-3 Issue-1, December 2014

mezcla, los agregados gruesos pasan por el tamiz de 1" quedando retenidas en el tamiz #4, el agregado fino como las arenas que pasan el tamiz #4 quedando retenidas en el tamiz #200.

Cemento blanco Portland tipo I: El cemento blanco es un tipo de cemento de un color gris muy claro (blancura mayor del 85%), empleado tanto en piezas prefabricadas como en acabados de suelos y albañilería en general, se utiliza para obras arquitectónicas que requieren brillantez y en acabados artísticos, la resistencia mínima a la compresión se da después de tres días (204 Kg/cm²) y la máxima se da a los 28 días (510 Kg/cm²) su fraguado tarda de 70 a 180 minutos.

El cuarzo: "En la naturaleza el cuarzo según en la escala de Mohs tiene una dureza de 7.0. A partir de su estructura, es posible diferenciar entre el cuarzo- α (o bajo cuarzo - resiste 573°C - tipo trigonal) y el cuarzo- β (alto cuarzo - resiste 867°C - estructura hexagonal). Una vez superados los 867°C, el cuarzo se convierte en timidita, otra clase de mineral. El índice de refracción del cuarzo está entre 1,544 y 1,553. El cuarzo es comercializado para la fabricación de vidrio, ladrillos de sílice y el polvo para hacer porcelanas, papel de lija y rellenos."⁹

Celulosa: La celulosa es un polímero natural que tiene como estructura base los enlaces glucosídicos su estructura es semi cristalina que puede variar dependiendo del tipo de fuente además de múltiples tipos de morfologías, lo cual ha permitido ampliar las modificaciones químicas como de derivados. En años recientes, polímeros derivados de la celulosa se ha renovado ya que tiene un potencial de biodegradación.¹⁰

Las ventajas radican en la resistencia térmica que ofrece la celulosa y que generalmente permite soportar temperaturas, nanoestructuras de celulosa, lo cual sugiere el importante avance, e indica que efectivamente la celulosa tiene un brillante futuro en las más diversas aplicaciones de la mano con los avances de la nanotecnología y los sistemas biodegradables.

⁹ (MONCALEANO Johana, JARAMILLO Guillermo. Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. Modalidad Investigación, 2016. Pág)

¹⁰ Simposio Nacional de Biopolímeros. CELULOSA: UN POLÍMERO DE SIEMPRE CON MUCHO FUTURO. Medellín, ISSN 2256-1013, Edición Especial, pp. 01-04.

7.1.1 DISEÑOS DE MEZCLA PARA REALIZACIÓN DEL CONCRETO

Para tomar el mejor método de diseño tenemos diferentes normas para diseños de mezclas desde Normas Colombianas hasta Normas Internacionales las cuales se mencionan a continuación.

7.1.1.1 NTC 30 Cemento Portland. Clasificación y nomenclatura

“Esta norma establece la clasificación y nomenclatura de los cementos Pórtland de acuerdo con sus cualidades y usos.”¹¹

7.1.1.2 NTC 77 Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.

” Esta norma abarca la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas que componen los agregados finos y gruesos, a través de un proceso de tamizado. Algunas especificaciones para agregados que se referencian en esta norma contienen requisitos de gradación que abarcan tanto la fracción gruesa como la fina. Se incluyen, por tanto, las instrucciones para el análisis por tamizado de estos agregados. Los valores se registrarán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud, y determinar la aplicabilidad de las regulaciones primordiales por usar.”¹²

7.1.1.3 NTC 93 Determinación de la resistencia al desgaste de los agregados gruesos mayores de 19 mm, utilizando la Máquina de Los Ángeles.

” Esta norma presenta el método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaño mayor a 19 mm (3/4 de pulgada), usando la máquina de Los Ángeles.

NOTA En la NTC 98 se presenta un procedimiento para la determinación de agregados gruesos de tamaño menor a 37,5 mm (1 ½ de pulgada).¹³

7.1.1.4 NTC 129 Toma de Muestras, y para los agregados.

” Esta norma abarca la toma de muestras de agregados finos y gruesos para los siguientes propósitos: La investigación preliminar de la fuente potencial de suministros. El control del producto de la fuente de suministro. El control de las

¹¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Cemento Portland. Clasificación y nomenclatura NTC 30. Bogotá: ICONTEC, 2014.

¹² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. NTC 77. Bogotá: ICONTEC, 2014.

¹³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. NTC 93. Bogotá: ICONTEC, 2014.

operaciones en el sitio de construcción. La aceptación o el rechazo de los materiales.”¹⁴

7.1.1.5 NTC 174 Especificaciones de los agregados para concreto.

” Esta norma establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos, (excepto los agregados livianos y pesados) para uso en concreto. La información que se presenta en esta norma la puede utilizar el contratista, el proveedor o el comprador, como parte del documento de compra que describe el material por suministrar. Esta norma también es para uso en especificaciones de proyectos, para definir la calidad del agregado, su tamaño máximo y otros requisitos de gradación específicos. Las personas responsables de seleccionar las proporciones de la mezcla de concreto también deben determinar las proporciones de agregado fino y grueso y la adición de una mezcla de agregados de diferente tamaño, si se requieren o aprueban.”¹⁵

7.1.1.6 NTC 396 Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.

” Esta norma establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en la obra y en el laboratorio. Esta norma puede involucrar materiales, maniobras y equipos peligrosos; sin embargo, no implica referirse a los problemas de seguridad asociados con su empleo. Es responsabilidad del usuario constatar antes de su empleo las prácticas y condiciones tanto de seguridad como de sanidad y, además, determinar la aplicación de éstas.”¹⁶

7.1.1.7 NTC 454 Concreto Fresco. Toma de muestras.

” Esta norma nos indica sobre los procedimientos que se deben realizar para obtener muestras representativas de hormigón fresco, en las condiciones como es entregado en la obra o donde las pruebas se llevarán a cabo.”¹⁷

7.1.1.8 NTC 673 Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de Concreto.

” Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos

¹⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Toma de Muestras, y para los agregados. NTC 129. Bogotá: ICONTEC, 2014.

¹⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Especificaciones de los agregados para concreto. NTC 174. Bogotá: ICONTEC, 2014.

¹⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. NTC 396. Bogotá: ICONTEC, 2014.

¹⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Concreto Fresco. Toma de muestras. NTC 454. Bogotá: ICONTEC, 2014.

perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene un peso unitario mayor que 800 kg/m³ [50 lb/ft³].”¹⁸

7.1.1.9 NTC 890 Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración.

” Este método de ensayo cubre la determinación del tiempo de fraguado del concreto, con asentamiento mayor a cero, por medio de mediciones de resistencia a la penetración sobre el mortero tamizado de la mezcla de concreto. Este método de ensayo es apropiado para ser usado solamente cuando los ensayos de la fracción de mortero proporcionen la información requerida. Este método de ensayo puede ser aplicado para cualquier tipo de mortero, incluso los de relleno. Este método de ensayo puede ser aplicable bajo condiciones de laboratorio controladas o bajo condiciones de campo.”¹⁹

7.1.1.10 NTC 3318 Concreto Premezclado.

” Esta norma establece las especificaciones para la producción de concreto, considerando que el concreto se entrega a la obra en estado fresco. Los requisitos para la calidad del concreto deben ser los especificados en esta norma o los especificados por el cliente. Cuando existan diferencias entre las dos especificaciones, deben primar las del cliente siguiendo los métodos de evaluación de las Normas Técnicas Colombianas. Esta norma no incluye técnicas para la colocación, compactación y protección del concreto después de entregado”²⁰

7.1.1.11 NTC 3459 Agua para la elaboración de concreto.

” Esta norma tiene por objeto determinar el método para establecer por medio de ensayos, si el agua es apropiada para la elaboración de concreto. Los ensayos a que se refiere esta norma no proporcionan información con respecto a la durabilidad del concreto a largo plazo.”²¹

7.1.1.12 ASTM C33M-13 Aggregates for concrete - Requirements.

”Esta especificación define los requisitos para la clasificación y la calidad del agregado fino y grueso (que no sea agregado liviano o pesado) para uso en

¹⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de Concreto. NTC 673. Bogotá: ICONTEC, 2014.

¹⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración. NTC 890. Bogotá: ICONTEC, 2010.

²⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Concreto Premezclado. NTC 3318. Bogotá: ICONTEC, 2008.

²¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Agua para la elaboración de concreto. NTC 3459. Bogotá: ICONTEC, 2001.

concreto. Esta especificación es para uso de un contratista, proveedor de concreto u otro comprador como parte del documento de compra que describe el material que se suministrará. "22

7.1.1.13 ASTM C33 Standard Specification for Concrete Aggregates.

" Esta especificación define los requisitos para la clasificación y la calidad del agregado fino y grueso (que no sea agregado liviano o pesado) para uso en concreto. Esta especificación es para uso de un contratista, proveedor de concreto u otro comprador como parte del documento de compra que describe el material que se suministrará."23

7.1.1.14 ASTM C39 / C39M - 14 Test method for the uniaxial compressive strength of cylindrical concrete specimens.

"Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Está limitado a concreto con una densidad superior a 800 kg / m³ [50 lb / ft³]. Los valores indicados en unidades SI o en unidades de pulgada-libra se deben considerar por separado como estándar. Las unidades de pulgada-libra se muestran entre paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema se usará independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede dar como resultado la no conformidad con el estándar."24

7.1.1.14 ASTM C40-11 Determination of impurities in the fine aggregate for concrete.

" Este método de prueba se utiliza para hacer una determinación preliminar de la aceptabilidad de los agregados finos con respecto a los requisitos de la Especificación C33 que se refieren a las impurezas orgánicas. El valor principal de este método de prueba es proporcionar una advertencia de que pueden existir cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Cuando una muestra sometida a esta prueba produce un color más oscuro que el color estándar, es aconsejable realizar la prueba del efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero de acuerdo con el Método de prueba C87."25

22 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. Aggregates for concrete - Requirements. ASTM C33M-13. International: West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org.

23 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM C33. International: West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org.

24 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Test method for the uniaxial compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM C39. International: West Conshohocken, PA, 2011, www.astm.org.

25 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Determination of impurities in the fine aggregate for concrete. ASTM C40. International: West Conshohocken, PA, 2011, www.astm.org.

7.1.1.15 ASTM C94 Concrete and ready-mixed hydraulic mortar - Requirements and test methods.

" Los requisitos para la calidad del concreto premezclado deben ser como se establece en esta especificación o según lo ordenado por el comprador. Cuando los requisitos del comprador, como se establece en el pedido, difieren de los que figuran en esta especificación, prevalecerán los requisitos del comprador. Esta especificación no cubre la colocación, consolidación, curado o protección del concreto después de la entrega al comprador. NOTA 1: EL concreto producido por dosificación volumétrica y mezclado continuo se trata en la Especificación C685. El concreto reforzado con fibra está cubierto en la Especificación C1116."²⁶

7.1.1.16 ASTM C 94 Standard Specification for Ready-Mixed Concrete.

" Esta especificación cubre el concreto premezclado. Los requisitos para la calidad del concreto premezclado deben ser como se establece en esta especificación o según lo ordenado por el comprador. Cuando los requisitos del comprador, como se establece en el pedido, difieren de los que figuran en esta especificación, prevalecerán los requisitos del comprador. Esta especificación no cubre la colocación, consolidación, curado o protección del concreto después de la entrega al comprador.

NOTA 1: EL concreto producido por dosificación volumétrica y mezclado continuo se trata en la Especificación C685. El concreto reforzado con fibra está cubierto en la Especificación C1116."²⁷

7.1.1.17 ASTM C125-13b Terminology relating to concrete and its aggregates.

" Esta norma es una compilación de definiciones de términos, ya que se utilizan en normas bajo la jurisdicción del Comité C09.

Otra terminología bajo la jurisdicción del Comité C09 está incluida en dos normas especializadas. Los términos relacionados con los constituyentes de los agregados de concreto se definen en la Nomenclatura descriptiva C294. Los términos relacionados con los constituyentes de los agregados para hormigón de protección contra la radiación se definen en la Nomenclatura descriptiva C638. Terminología relacionada para cemento hidráulico está incluida en la Terminología C219. Además, el American Concrete Institute tiene un documento electrónico, *ACI Concrete Terminology*,² que se actualiza periódicamente. Si bien esta Terminología de ACI es un recurso útil, no se debe hacer referencia directamente en las normas

²⁶ AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Concrete and ready-mixed hydraulic mortar - Requirements and test methods. ASTM C94. International: West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.

²⁷ AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. ASTM 94. International: West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.

de ASTM porque no es un documento de consenso. El uso de ACI individual u otras definiciones en las normas de ASTM debe estar de acuerdo con la *Forma y el Estilo*, Sección E5.9, *Atribuciones*"²⁸

7.1.1.18 ASTM C129-06 Concrete masonry elements (concrete blocks) for non-structural use - Requirements.

" Esta especificación cubre unidades de mampostería de concreto no cargadas huecas y sólidas hechas de cemento portland, agua y agregados minerales con o sin la inclusión de otros materiales. Estas unidades están diseñadas para su uso en divisiones que no soportan carga, pero bajo ciertas condiciones pueden ser adecuadas para su uso en paredes exteriores que no soportan carga y que están protegidas contra la intemperie. El texto de esta norma hace referencia a notas y notas a pie de página que proporcionan material explicativo. Estas notas y notas a pie de página (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no se deben considerar como requisitos de la norma."²⁹

7.1.1.19 ASTM C143- 12 Test method for settling concrete in hydraulic cement.

"Este método de prueba cubre la determinación de asentamiento del concreto de cemento hidráulico, tanto en el laboratorio como en el campo. Los valores indicados en unidades SI o en unidades de pulgada-libra se deben considerar por separado como estándar. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema se usará independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede dar como resultado la no conformidad con el estándar."³⁰

7.1.1.20 ASTM C 150 Standard Specification for Portland Cement.

"Esta especificación cubre diez tipos de cemento portland, según se detalla a continuación (ver Nota 2):

Tipo I: para uso cuando las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo no son necesarias.

Tipo IA- Cemento que incorpora aire para los mismos usos que el Tipo I, donde se desea la entrada de aire.

28 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Terminology relating to concrete and its aggregates. ASTM C125-13b. International: West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org.

29 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Concrete masonry elements (concrete blocks) for non-structural use - Requirements. ASTM C129-06. International: West Conshohocken, PA, 2006, www.astm.org

30 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Test method for settling concrete in hydraulic cement. ASTM C143- 12. International: West Conshohocken, PA, 2012, www.astm.org.

Tipo II: para uso general, más especialmente cuando se desea una resistencia moderada a los sulfatos.

Tipo IIA- Cemento que incorpora aire para los mismos usos que el Tipo II, donde se desea la entrada de aire.

Tipo II (MH): para uso general, más especialmente cuando se desea un calor moderado de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo II (MH) A- Cemento aire ante para los mismos usos que el Tipo II (MH), donde se desea la entrada de aire.

Tipo III- Para uso cuando se desea una alta resistencia inicial.

Tipo IIIA- Cemento aire ante para el mismo uso que el Tipo III, donde se desea la entrada de aire.

Tipo IV- Para uso cuando se desea un bajo calor de hidratación.

Tipo V- Para uso cuando se desea una alta resistencia a los sulfatos.

NOTA 1: Algunos cementos se designan con una clasificación de tipo combinada, como Tipo I / II, lo que indica que el cemento cumple los requisitos de los tipos indicados y se ofrece como adecuado para el uso cuando se desea cualquiera de los dos tipos.

NOTA 2: EL cemento que cumple con los requisitos para todos los tipos no se lleva en existencia en algunas áreas. Antes de especificar el uso de cemento que no sea de Tipo I, determine si el tipo de cemento propuesto es, o puede hacerse, disponible."³¹

7.1.1.21 ASTM C172M-10 Standard for sampling freshly mixed concrete.

“Esta práctica cubre los procedimientos para obtener muestras representativas de concreto fresco entregado en el sitio del proyecto en el que se realizarán las pruebas para determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales se suministra el concreto (Nota 1). La práctica incluye muestreo de mezcladores estacionarios, de pavimentación y camiones, y de equipos agitadores y no agitadores utilizados para transportar concreto mezclado central.”³²

31 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Specification for Portland Cement. ASTM - C 150. International: ASTM.

32AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard for sampling freshly mixed concrete. ASTM C172M-10. International: West Conshohocken, PA, 2010, www.astm.org.

7.1.1.22 ASTM C192 / C192M - 16a Standard practice for making and curing specimens of concrete for laboratory testing.

" Esta práctica proporciona requisitos estandarizados para la preparación de materiales, la mezcla de concreto y la fabricación y el curado de probetas de concreto en condiciones de laboratorio.

Si la preparación de la muestra se controla como se estipula en este documento, las muestras pueden usarse para desarrollar información para los siguientes propósitos:

- Dosificación de mezcla para el hormigón del proyecto
- Evaluación de diferentes mezclas y materiales.
- Correlación con pruebas no destructivas, y
- Proporcionar especímenes para fines de investigación.

NOTA 1: Los resultados de las pruebas de concreto para especímenes de concreto fabricados y curados con esta práctica son ampliamente utilizados. Pueden ser la base para las pruebas de aceptación de proyectos concretos, evaluaciones de investigación y otros estudios. Es necesario un manejo cuidadoso y conocedor de los materiales, la mezcla del concreto, el moldeado de las muestras de prueba y el curado de las muestras de prueba. Muchos laboratorios que realizan este importante trabajo son independientemente inspeccionados o acreditados. La práctica C1077 identifica y define los deberes, las responsabilidades y los requisitos mínimos de calificación técnica del personal de laboratorio y los requisitos mínimos para el equipo utilizado en las pruebas de concreto y agregados de concreto."³³

7.1.1.23 ASTM C403M-08 Determination of the setting time of concrete mixtures by means of their resistance to penetration.

"Este método de prueba cubre la determinación del tiempo de fraguado del concreto, con un asentamiento mayor a cero, mediante medidas de resistencia a la penetración en mortero tamizado a partir de la mezcla de concreto. Este método de prueba es adecuado para usarse solo cuando las pruebas de la fracción de mortero proporcionarán la información requerida. Este método de prueba también se puede aplicar a morteros y lechadas preparados. Este método de prueba es aplicable bajo condiciones de laboratorio controladas, así como bajo condiciones de campo."³⁴

33 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard practice for making and curing specimens of concrete for laboratory testing. ASTM C192. International: West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org.

34 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Leche Determination of the setting time of concrete mixtures by means of their resistance to penetration. ASTM C403M-08. International: West Conshohocken, PA, 2008, www.astm.org.

7.1.1.24 ASTM C476-10 Standard for masonry fill concrete.

" Esta especificación cubre dos tipos de lechada, lechada fina y gruesa, para uso en la construcción de estructuras de mampostería. Cada tipo (fino y grueso) se clasifica además como lechada convencional (que requiere consolidación mecánica mediante encharcamiento o vibración cuando se coloca) y lechada auto consolidante (que no requiere consolidación mecánica cuando se coloca). La lechada convencional se especifica por (1) proporciones o (2) requisitos de resistencia. La lechada auto consolidante se especifica según los requisitos de resistencia.

El texto de esta especificación hace referencia a notas y notas a pie de página que proporcionan material explicativo. Estas notas y notas al pie (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no se deben considerar como requisitos de esta especificación."³⁵

7.1.1.25 ASTM C490 / C490M - 11 Determination of length change in cement, mortar and concrete.

" Esta práctica cubre los requisitos para los aparatos y equipos usados para preparar especímenes para la determinación del cambio de longitud en pasta de cemento endurecido, mortero y concreto, los aparatos y equipos usados para la determinación de estos cambios de longitud y los procedimientos para su uso.

Los métodos para la preparación y el curado de las muestras de prueba, las condiciones de prueba y curado, y los procedimientos detallados para calcular e informar los resultados de las pruebas están contenidos en los métodos de prueba aplicables."³⁶

7.1.1.26 ASTM C512 -87 Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression.

"Este método de prueba cubre la determinación de la fluencia de cilindros de hormigón moldeado sometidos a una carga de compresión longitudinal sostenida. Este método de prueba está limitado a concreto en el cual el tamaño máximo del agregado no excede 2 pulg. (50 mm).

Los valores indicados en unidades de pulgada-libra deben considerarse como el estándar.

Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer

35 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard for masonry fill concrete. ASTM C476-10. International: West Conshohocken, PA, 2010, www.astm.org,

36 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Determination of length change in cement, mortar and concrete. ASTM C490 / C490M - 11. International: West Conshohocken, PA, 2011, www.astm.org.

prácticas de seguridad y salud apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso."³⁷

7.1.1.27 ASTM C617-12 Standard for crowning concrete cylindrical specimens.

"Esta práctica cubre aparatos, materiales y procedimientos para tapar cilindros de concreto recién moldeados con cemento puro y cilindros endurecidos y núcleos de concreto perforado con pasta de yeso de alta resistencia o mortero de azufre."³⁸

7.1.1.28 ASTM C1602M-06 Specification for the mixing water used in the manufacture of hydraulic cement concrete.

" Esta especificación cubre los requisitos de composición y rendimiento del agua utilizada para mezclar agua en concreto de cemento hidráulico. Define las fuentes de agua y proporciona requisitos y frecuencias de prueba para fuentes de agua individuales o combinadas que califiquen. En cualquier caso, en que los requisitos del comprador difieran de estos en esta especificación, prevalecerá la especificación del comprador. Esta especificación no pretende cubrir los métodos de almacenamiento, transporte o mezcla de agua, ni para abordar el desarrollo y mantenimiento de programas de control de calidad patrocinados o gestionados por el fabricante."³⁹

37 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression. ASTM C512 -87. International: West Conshohocken, PA, 1994, www.astm.org.

38AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard for crowning concrete cylindrical specimens. ASTM C617-12. International: West Conshohocken, PA, 2012, www.astm.org.

39AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Specification for the mixing water used in the manufacture of hydraulic cement concrete. ASTM C1602M-06. International: West Conshohocken, PA, 2006, www.astm.org.

7.1.2 IMPACTO AMBIENTAL DE LOS CONCRETO.

Los concretos son ampliamente utilizados en carreteras, edificios, puentes y otras infraestructuras. La producción de este material, genera un impacto ambiental y han cambiado el entorno.

“A una escala global se trata de mitigar el cambio climático, para que las emisiones de CO₂ provenientes del cemento. Las emisiones EIA también provienen de las fábricas de cemento portland, y a la quema de combustible en los hornos de cemento. Los impactos ambientales a escala regional contribuyen a la lluvia ácida, muchas veces provenientes del cemento Portland, donde principalmente es la alta salida de combustible para la producción de Clinker y el consumo de energía a lo largo del proceso.

Según informe del Departamento Nacional de Planeación (DPN), Cemento y sus aplicaciones, el cual es un documento de trabajo, estudio realizado por Fedesarrollo para la constructora Colpatria en el 2006, se manifiesta en ese documento que las regiones del país más afectadas por la producción de cemento portland son las zonas de Bogotá, el Departamento de Antioquia, el Departamento del Valle del Cauca y la Costa Atlántica. A una escala local las emisiones de polvo de horno de cemento contribuyentes al impacto local. el tamaño de las partículas hace que sean respirables por un ser humano, estas finas partículas quemadas de materias primas es el producto de una combustión del cemento.”⁴⁰

⁴⁰ ((VILLANUEVA Arturo. Síntesis Y Validación De Concreto Traslucido Empleando Materiales Del Caribe Colombiano. Cartagena: Universidad Tecnológica De Bolívar. Facultad De Ingeniería. Modalidad Investigación, 2013.), pág. 7)

7.2 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo de este trabajo de investigación es importante comparar el concreto tradicional con el concreto translúcido que comienza en el siglo XXI en donde este tiene diferencias importantes como; en general, todos los tipos de concreto translúcido permiten el paso de más del 70% de la luz, es más ligero, resistente a altas temperatura, ahorra materiales para acabados, mayor impermeabilidad, ahorra energía eléctrica y es resistente al ataque de las sales.⁴¹

Analizar la función que cumple los agregados dentro del concreto translúcido es importante, todos estos agregados como el cuarzo, las fibras, la celulosa, el cemento y las arenas en teoría componen características de un concreto translúcido ya que los materiales como son vidrios, plásticos, resinas y algunas fibras tienen las características de color necesarias para producir este tipo de concretos, pero no llegan a ser transparentes.

Existen diferentes tipos de concretos translucidos los que permiten visualizar siluetas y figuras a través de las estructuras, algunos incorporan resinas y fibras en lugar de grava y arena, estos tienen mayor resistencia al fuego que el concreto tradicional, el curado y el proceso de producción se realizan de forma tradicional, otros le disminuyen el número de fibras, pero aumentan su espesor donde emplean fibras de plástico y tiene características de aislante térmico. Su característica principal resistente a heladas y a la sal de deshielo, altamente resistente a rayos ultravioleta.

Este producto posibilita levantar paredes casi transparentes, con una muy buena resistencia y menos pesadas que las construidas con concreto tradicional, genera nuevas alternativas a la construcción señalando que permiten el paso de luz, mejorando y dando unas soluciones ambientalmente sostenibles ya que genera un ahorro de luz eléctrica a su vez disminuye el uso de materiales de acabados de pintura y de yeso, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Posee características mecánicas superiores a las del concreto tradicional, estos componentes dan garantía que en la construcción se puedan dar alternativas estéticas a arquitectos y compradores, usando desde materiales de construcción reciclados, para su fabricación.

⁴¹ (MONCALEANO Johana, JARAMILLO Guillermo. Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. Modalidad Investigación, 2016. Pág , pág. 28)

7.3 MARCO HISTORICO

La presentación del primer hormigón traslucido fue fabricada en el 2001 por el Arquitecto Húngaro Araron Lasonczi al cual le dio el nombre de Litracom construido con fibra ópticas de diferentes diámetros y demostró que este dejaba pasar la luz.

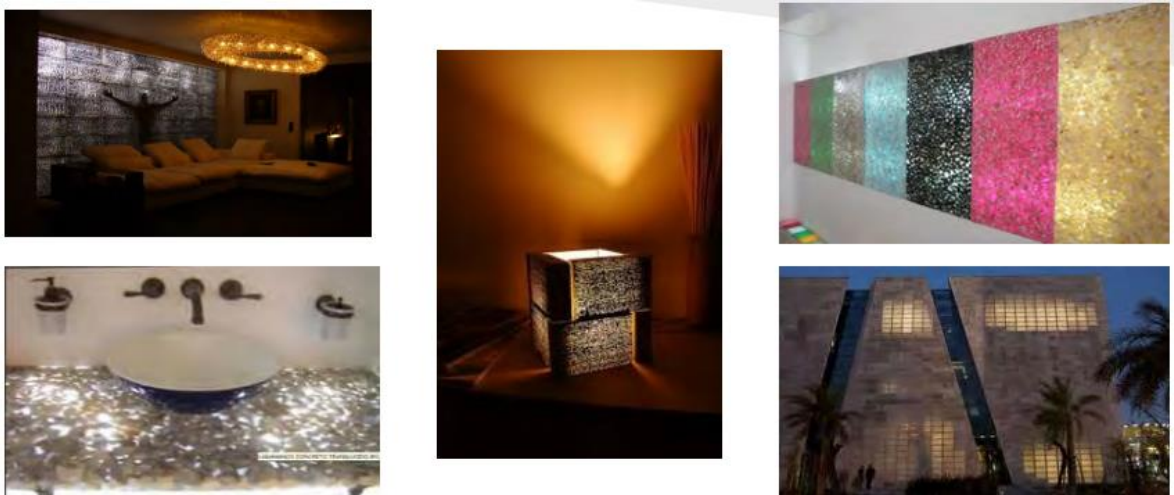
En el 2005 los estudiantes Joel Sosa Gutiérrez y Sergio Galván Cazares de la Universidad Autónoma Metropolitana UAM crearon el concreto traslucido ILUM, compuestos por cemento blanco, arena, agregado grueso, fibras e Ilum. Este último elemento, no se conoce sus componentes.

En Colombia en el año 2012 desarrollaron Cenefas en concreto traslucido instaladas en una cocina y la Universidad Nacional de Colombia hizo una investigación sobre la transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino.⁴²

En el 2013 la Universidad Tecnológica de Bolívar hizo una síntesis y validación de concreto traslucido empleando materiales del caribe colombiano.

En el 2016 la Universidad de la Salle uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso, usaron arena de sílice arena de Ottawa y cuarzo molido y diferentes fibras como fibra de vidrio y fibra de Nylon y cuarzo como agregado grueso.

Ilustración 1. Fotografías sobre concretos traslucidos realizados.



Fuente: Tomado de <https://construinnova.net/2015/10/29/hormigones-translucidos>

⁴² (MONCALEANO Johana, JARAMILLO Guillermo. Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. Modalidad Investigación, 2016. Pág)

7.4 MARCO LEGAL

- Decreto Ley 2811 de 1974: Establece el Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente y las normas y condiciones para uso y aprovechamiento de los recursos naturales.
- El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.
- LEY 400 DE 1997 por la cual se adopta el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE. Título C. Clasificación y nomenclatura NSR-10. Bogotá: 2014.

7.5 ESTADO DEL ARTE

Antes de pasar a la relación de las actividades realizadas durante la presente investigación, se reportan a continuación los resultados de estudios consultados que otorgan una visión resumida del estado del arte de la fabricación de concreto translúcido.

El desarrollo de las investigaciones de concreto translúcido cada vez muestra un mayor interés por parte de la comunidad científica. Ya se cuenta en artículos publicados en revistas y muchas otras investigaciones donde se ha visto que “al aumentar la cantidad de fibra óptica (superiores al 5%) en los concretos translucidos, la resistencia a compresión se ve disminuida entre un 10% y 46%; presentando un aumento, en luz transmitida, mayor al 2%.”⁴³

“Una de los grandes conflictos que se le presenta a los arquitectos a la hora de planificar una estructura es el tema de la solidez contra la luminosidad. Llevar a la práctica ambos conceptos dentro de un mismo proyecto arquitectónico podía resultar complicado, aunque para ello existen alternativas como las que pasamos a describir a continuación.”⁴⁴

La revisión del estado del arte, independientemente de la utilización de resinas poliméricas translúcidas o fibra óptica en la elaboración de concretos o morteros translúcidos, no arroja nuevas luces sobre la modelación teórica del paso del haz luz a través de materiales compuestos.⁴⁵

“Las características mecánicas como la resistencia a compresión de un hormigón translúcido con matriz poli carbonatada son de hasta 202 MPa, además de que deja pasar la luz sin distorsión alguna. Es de apreciarse la buena dispersión de los agregados, aditivos y, sobre todo, de la matriz. La dirección de las capas es paralela a la dirección del vaciado. Tiene un secado laminar en el mismo sentido en que es colado. Presenta una buena cristalización en las partes más altas, y decrece un poco al acercarse al extremo inferior.”⁴⁶

Para poder escoger los materiales que utilizaremos para la fabricación del hormigón translúcido, debemos realizar un estudio previo sobre todas las posibilidades de que disponemos, atendiendo a sus características, para posteriormente poder realizar

⁴³ (Congreso Internacional de materiales. avances en el desarrollo de los concretos translúcidos. Medellín.2014, No. 5 pp. 81-86)

⁴⁴ (MARTÍNEZ, María. Hormigón Translúcido Con Fibra Óptica. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia. Manufactura y producción, 2011, pág. 14)

⁴⁵ (HOYOS, Alain. Concreto translúcido transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas. magíster, 2012., pág. 27)

⁴⁶ (MARTÍNEZ, María. Hormigón Translúcido Con Fibra Óptica. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia. Manufactura y producción, 2011, pág. 17)

la elección que permita que las especificaciones del hormigón a realizar sean las deseadas.⁴⁷

“Investigadores de la Universidad de Florida y otros, han logrado manipular la fase de la luz. El estudiante de posgrado Zsolt Marcet del grupo de investigación de Ho Bun Chan’s de la Universidad de Florida, utilizó dos rendijas (Nano-Optics) y simuló el paso de la luz a través de ellas analizando la variación del campo electromagnético cuando las rendijas se desplazaban una con respecto a la otra. Las posibilidades para lograr una mayor transmisión de luz se presentan cuando existe un alineamiento entre los agujeros de los nano-optics por donde se pretende hacer pasar el haz de luz o, cuando se encuentran desfasados medio periodo de la onda el uno con respecto al otro. Se observa una mejor distribución del campo electromagnético en la superficie cuando los Nano-Optics se encuentran alineados o intercalados medio periodo, efecto que alcanza la superficie cuando la distancia entre las capas de Nano-Optics es la adecuada. Este diminuto material en un momento dado puede hacer parte de la matriz de un concreto o mortero y permitir algún grado de translucidez.”⁴⁸

N. Mohamed y Zhi Zhou cada uno, junto a sus coinvestigadores, han realizado un mejor acercamiento de cuáles pueden ser las características ópticas, físicas y mecánicas de morteros y concretos adicionados con fibras ópticas, los resultados presentados por N. Mohamed muestran un aumento en la intensidad del haz de luz transmitido cuanto mayor es el porcentaje de fibra adicionado, con un incremento de más del 100% entre una mezcla de concreto sin fibra y aquella que fue adicionada con el máximo de fibra (10%) siempre y cuando el acomodo de la fibra sea en la dirección de las caras, esta última mezcla presento una disminución en la resistencia a la compresión y a la flexión en un 50% respecto a la mezcla sin fibra, e incrementó la pérdida de masa por ataque de sulfatos en un 70% .⁴⁹

⁴⁷ (MARTÍNEZ, María. Hormigón Translúcido Con Fibra Óptica. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia. Manufactura y producción, 2011, pág. 20)

⁴⁸ (MARTÍNEZ, María. Hormigón Translúcido Con Fibra Óptica. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia. Manufactura y producción, 2011, pág. 19)

⁴⁹ HOYOS, Alain. Concreto translúcida transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas. magíster, 2012. Pág 20

8. OBJETIVOS

8.1 GENERAL

Analizar el comportamiento de los diferentes agregados finos tales como arena de Ottawa, celulosa, fibra óptica, vidrio y cuarzo como agregado grueso para muros translúcidos.

8.2 ESPECÍFICOS

- Observar cual es la transmitancia óptica obtenida por medio de una fuente de luz y un detector de intensidad (luxómetro).
- Identificar los materiales que contribuyen para una adecuada utilización del concreto translucido para obtener su mejor compresión y translucidez del concreto.
- Determinar la mejor aplicación del concreto translucido en obras de construcción.

9. ALCANCES Y LIMITACIONES

9.1 ALCANCES

Observar si la dosificación de los diferentes agregados finos, agregados gruesos, celulosa y el cemento, logra obtener un concreto translúcido con excelentes características para la construcción.

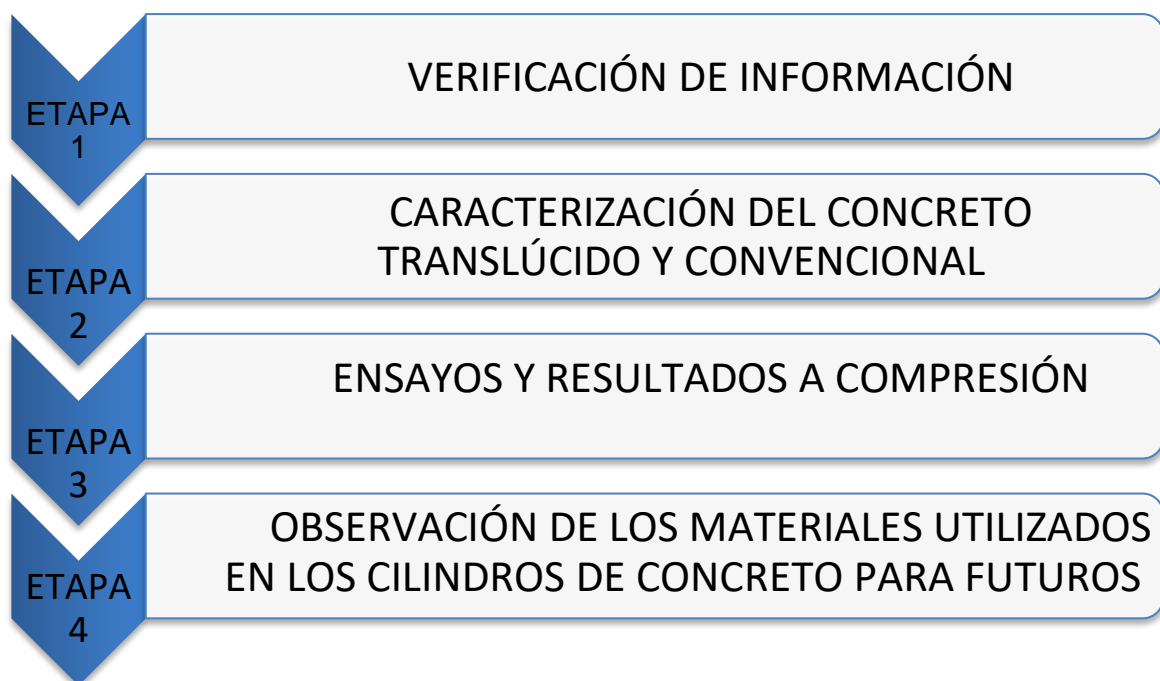
9.2 LIMITACIONES

- La duración de los ensayos que se van a realizar, debido a que algunos tienen una duración de varios días.
- El presente proyecto se desarrollará en un periodo no mayor a 4 meses, de acuerdo al cronograma establecido.

10. METODOLOGÍA

El procedimiento metodológico que realizar en este proyecto se define como, experimental y cuantitativo, contemplado una serie de 4 etapas, con el fin que este proceso permita dar solución a la problemática, partiendo de los objetivos específicos propuestos para darle finalidad al objetivo principal y así definir sus posibles usos del concreto translucido y si este contribuye al mejoramiento de la construcción.

Ilustración 2: Etapas de la metodología.



Fuente: Autor

10.1 ETAPA 1. VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN

Esta etapa realiza una investigación previa con el fin de adquirir la información que permita definir las normativas y las características técnicas que deben tenerse en cuenta para realizar la caracterización y los ensayos al concreto.

10.1.1 PROCEDIMIENTO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

Para cada concreto se debe realizar un diseño de mezcla, la A.C.I. 211 ha establecido una metodología para encontrar las proporciones de cada material para producir un metro cubico de concreto:

Paso 1. Seleccionar el asentamiento y la resistencia del concreto requeridos. (En estado fresco, para su manejo, colocación y compactación).

Paso 2. Elección del tamaño máximo del agregado grueso, basados en los requerimientos de resistencia. (Obtención, transporte y colocación de concreto).

Paso 3. Estimación del contenido de aire. (Exposición de aire que tiene el concreto).

Paso 4. Estimación del contenido de agua de mezcla: (Exposición de agua que debe tener el concreto).

Paso 5. Determinación de la resistencia del diseño: (Resistencia del concreto a la comprensión promedio y su uso bajo normas de Sismo Resistencia).

Paso 6. Selección de la relación agua- cemento: (Se da importancia a la correspondencia entre la resistencia y la relación agua-cemento, para cada grupo de materiales en particular y para diferentes edades).

Paso 7. Cálculo del contenido de cemento (Calculo de la cantidad de cemento por metro cubico de concreto, para un uso eficiente de las cantidades y resistencias).

Paso 8. Estimación de las proporciones de agregados (Permite estimar las proporciones de los agregados mediante combinaciones granulométricas, para su uso, dosificaciones y cantidades).

Paso 9. Ajuste por humedad de los agregados: (Tiene que ver con los ajustes que se realizan al diseño de la mezcla para que se adhieran correctamente sus componentes).

Paso 10. Ajuste a la mezcla de concreto (Realizada la mezcla, se deben corregir los pequeños detalles que permitan una adherencia óptima de todos sus componentes).

10.2 ETAPA 2. CARATERIZACIÓN DEL CONCRETO MODIFICADO Y CONVENCIONAL

Con base a las investigaciones y se hace la debida adquisición de los materiales para poder hacer los ensayos necesarios, para determinar las condiciones del material tales como la clasificación de los materiales, resistencia, durabilidad de los agregados, limpieza del material, consistencia de los agregados para la clasificación, resistencia con condiciones controladas.

10.2.1 PROCESO DE INVESTIGACION DE LOS MATERIALES.

Una vez determinadas las propiedades de los materiales se realizaron los diseños de mezcla de los diferentes cilindros convencional, como los modificados (Concreto tradicional - concreto traslucido). Con el diseño de mezcla se procede a determinar los tiempos de fraguado y de curado tanto para el concreto tradicional como para el concreto traslucido.

En esta investigación, se tomó para el estudio una resistencia de concreto de 3000psi (21MPa). En donde se utilizaran agregados finos y agregados gruesos, necesarios para desarrollar los diseños de mezclas de los concretos, los que requieren algunos ensayos como los son: densidad aparente, densidad nominal, porcentaje de absorción, humedad natural, granulometría, módulo de finura, textura, forma, tamaño máximo, estimación del contenido de aire, masa unitaria compacta, masa unitaria suelta, densidades de los cementos, selección de asentamiento, estimación de contenido de agua de mezclado, determinación de la resistencia del concreto, relación agua cemento, contenido de cemento y proporción de los agregados.

La mayor problemática presentada en este trabajo se basó en los materiales, ya que no se encuentran de manera común por ende informare su modo de obtención.

- **Cuarzo:** Siendo uno de los materiales más abundantes en el mundo no es fácil de encontrar por su clasificación y muy pocas personas tienen conocimiento de este. Realizando búsquedas en diferentes canteras y ferreterías se observa que no tienen este material o que su clasificación es muy complicada ya que esta mezclada con otras piedras, y si este material está disponible comunican que lo mínimo en venta es un $1m^3$, lo cual genera grandes costos a este proyecto, realizando una búsqueda constante y por muchas zonas se encontró que existe en un centro comercial esta piedra, más específicamente en un EASY, allí se halló la piedra pero la usan como piedra decorativa para jardines, llamada piedra cristal, la cual venden 12.5kg por bolsa.

Fotografía 1. Piedra Cuarzo.



Fuente: Autor

- **Cemento blanco:** Este es un material común por lo cual fue fácil su compra en una ferretería local.

Fotografía 2. Cemento Blanco.



Fuente: Autor

- **Arena Ottawa:** Una materia difícil de hallar, ya que muchos se confunden con la arena del Guamo o no tienen conocimiento de él, la mejor forma de encontrar este material fue con la averiguación de personas que referían donde se podía adquirir, y fue así como uno de ellos poseía una pequeña cantidad lo que al final sirvió para dicha investigación.

Fotografía 3. Arena de Ottawa



Fuente: Autor

- **Celulosa:** Muchos problemas a partir del estudio de este material, ya que debía ser una celulosa fabricada mas no natural (puede generar pudrición y causar problemas de durabilidad) se contactaron varias empresas, pero es difícil una comparativa de los tipos de celulosa, y a su vez se adecue a un concreto, puesto que tienen diferentes tipos viscosidad y absorción de agua, en este proyecto se tomó una de viscosidad media dentro la variedad de celulosas.

Fotografía 4. Celulosa.



Fuente: Autor

- **Arena del Guamo:** Un material que se encontró por medio de referidos.

Ilustración 3. Arena del Guamo.



Fuente: Autor

- **Piedra Pómez:** Un material que se encontró en una farmacia local.

Fotografía 5. Piedra Pómez.



Fuente: Autor

- **Vidrio común:** Material común que se encontró en una vidriería local.

Fotografía 6. Vidrio Común.



Fuente: Autor

- **Piedra:** Material común que se encontró en una ferretería.

Fotografía 7. Grava Común.



Fuente: Autor

- **Fibra Óptica:** De gran dificultad, ya que este material al ser comprado nuevo en pocas cantidades (metros) es muy costoso, y las empresas que lo reciclan no venden este producto a personas particulares sino a empresas constituidas, lo produjo que este material fuese encontrado con personas que trabajan en relación a este mismo, con los trozos o tramos que no les servían. Adicional se tiene gran dificultad de extraer esta fibra, por su cantidad de capas (5 capas) de protección las cuales requieren un proceso diferente por cada una de ellas.

Fotografía 8. Fibra Óptica.



Fuente: Autor

A continuación, se describirán sus capas de protección.

Capa 1: Esta cubierta por goma endurecida, la cual produce una protección al exterior previniendo la humedad o desgaste por fricción.

Capa 2: Constituida por un reforzamiento en acero o aluminio sobre todo el cable, la cual hace que no produzcan particiones a los filamentos de la fibra óptica.

Capa 3: Cordones y ataduras, están permiten una mayor rigidez y protección al cable.

Capa 4: Son pequeños cables de colores los cuales protegen los hilos de la fibra óptica, adicional dentro de estos existe una sustancia anti agua.

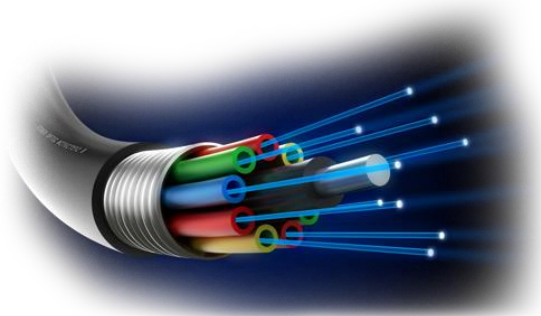
Capa 5: Estos son los hilos que están recubiertos por un polímero el cual separa cada hilo con respecto al otro y permite la transmisión de la luz.

Por lo anterior cada una de estas capas tiene un trabajo específico para poder sacar cada filamento de esta fibra:

- Pelar todo el cable hasta llegar al acero.
- Se realizaron cortes cada 40 cm del acero para poder tirar los cables de colores.
- Tirar de los filamentos de la fibra óptica para poder sacarlos de los cables de colores.
- Quemar dichos filamentos para retirar la sustancia anti agua y el polímero que recubre cada filamento.

Nota: Por 20 metros de fibra óptica se obtuvo aproximadamente 50 gr de fibra óptica.

Ilustración 4. Imagen de la fibra óptica



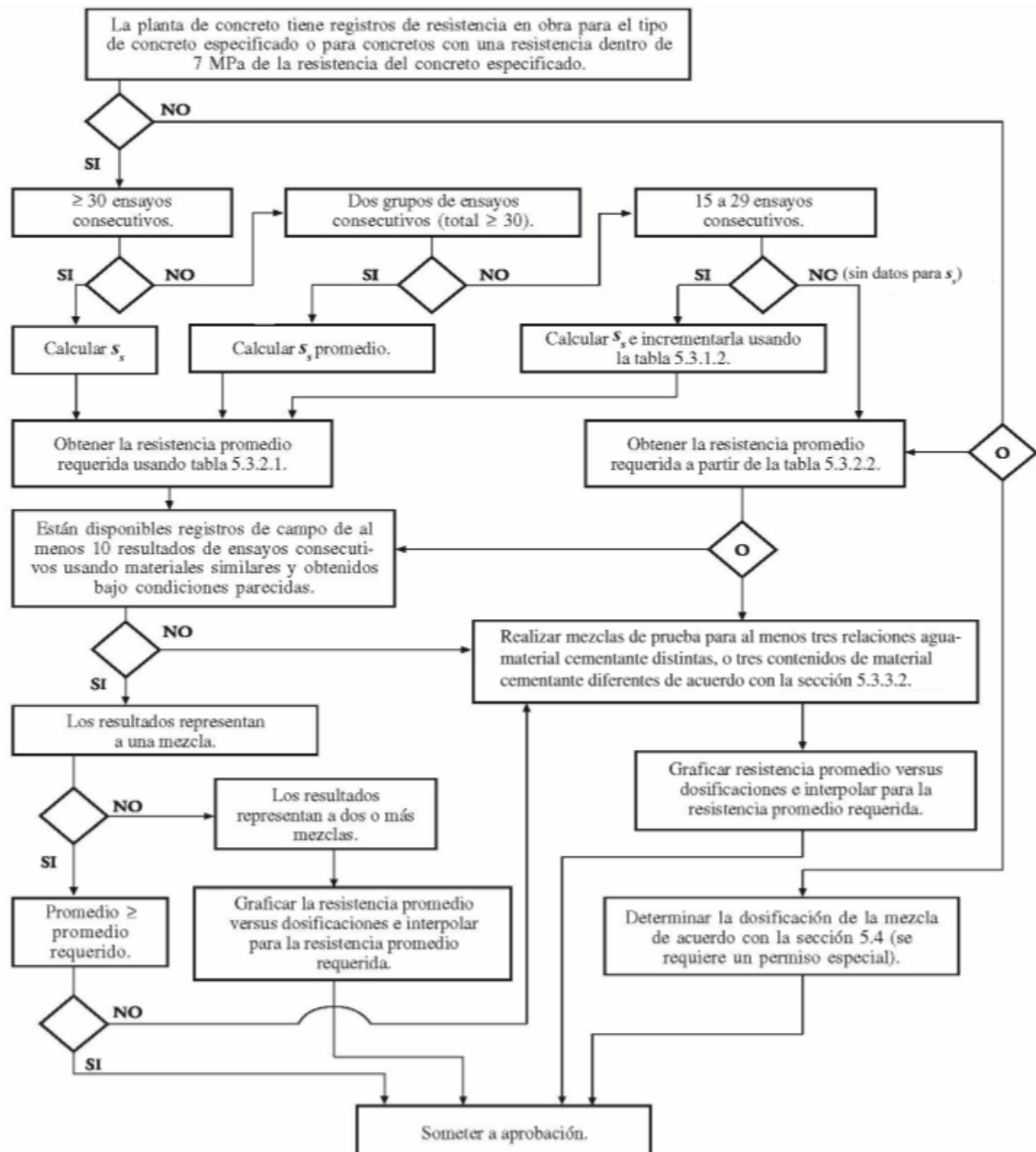
Fuente: Tomada de Google⁵⁰

⁵⁰ (Concepto de, Imagen, 01/04/2019, Disponible en internet < <https://concepto.de/fibra-optica/> >)

10.2.2 DIAGRAMA PARA LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO

10.2.3

Ilustración 5. NSR10 CR5.3 — Diagrama de flujo para la selección y documentación de la dosificación del concreto.⁵¹



Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10.

⁵¹ (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, Bogotá D.C., Colombia, Abril de 2012, Pág. 510)

10.2.4 CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección indicado en la siguiente tabla para obtener el nuevo valor de “s”. El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario.⁵²

Tabla 1. NSR10 C.5.3.1.2 — Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos.

Número de ensayos*	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra [†]
Menos de 15	Emplee la Tabla C.5.3.2.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10.

10.2.5 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida (f'_{cr}) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-2). La ecuación (C.5-1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada f'_c .

La ecuación (C.5-2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35 kg/cm² por debajo de la resistencia especificada f'_c .

- Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las fórmulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

⁵² (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, Bogotá D.C., Colombia, Abril de 2012, Pág. C-75)

Tabla 2. C.5.3.2.1 — Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-2) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = f'_c + 2.33s_s - 3.5$ (C.5-2)
$f'_c > 35$	Usar el mayor valor obtenido con las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = 0.90f'_c + 2.33s_s$ (C.5-3)

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10.

Donde: s= Desviación estándar, en kg/cm2

b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la siguiente tabla para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 3. NSR10 C.5.3.2.2 — Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10.

10.2.6 ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP) DE LOS CONCRETOS

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

Tabla 4 Consistencia y asentamientos.

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥ 5" (125mm)

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10.

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la siguiente tabla, podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla 5. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.

TIPOS DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
- Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
- Vigas y muros reforzados	10	2
- Columnas	10	2
- Pavimentos y losas	8	2
- Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10.

Para este caso en particular se asumió que los concretos se aplicarían en la construcción de concreto ciclópeo y masivo.

10.2.7 DETERMINACION DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.

La determinación de la granulometría de los agregados finos y grueso sigue las Normas Técnicas Colombianas NTC 77 (Anexo NTC77 Tamizado de agregados finos y gruesos) la cual separa y distribuye los granos según el tamaño de las partículas del agregado fino o grueso por tamiz.

La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados;
- 1/3 del peralte de la losa;
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

Fotografía 9. Implementos utilizados para determinar la granulometría de los agregados finos y grueso (Tamices, recipiente de fondo y bandejas).



Fuente: Autor

Para determinar la granulometría de los agregados finos y grueso de los concretos Tradicional como modificados, fue necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. Se busco triturar los agregados como el cuarzo, vidrio, piedra pómez, arena de Ottawa y arena del guamo piedra común en la maquina universal a tal punto que estos pasaran a través del tamiz N°4 es decir $\frac{3}{4}$ ".

Fotografía 10. Obtención de material granular para los concretos tradicional y traslucidos.



Fuente: Autor

Fotografía 11. Materiales granulares, fotografías tomada en el Laboratorio de Resistencia de Materiales Universidad Católica de Colombia.



Fuente: Autor

Se tomó el peso del material dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado, se ensamblan y se organizan los tamices para el agregado grueso de forma decreciente, se agitan el conjunto lleno de forma manualmente usando la serie de tamices. Luego se determinó la masa retenida en cada tamiz y el recipiente de fondo. Se verifico si la suma de los valores de las masas retenidas en cada tamiz y el recipiente de fondo no supere el 1 % de la masa total tamizada. Los valores del tamaño de grano fueron obtenidos siguiendo los lineamientos establecidos por las Normas Técnicas Colombiana para agregado grueso (NTC 77) (Anexo NTC77 Tamizado de agregados finos y gruesos).

10.2.8 DETERMINACION DE LA ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE.

Para estimar el contenido de aire se aplicó la Normas ACI 211, la cual recomienda que para tamaños nominales de 38 mm (1.5 pulgadas) el contenido de aire atrapado es del 1 % del volumen total del elemento a construir (Un bloque, una viga, un piso, una carretera, entre otros), Sin embargo, para efectos prácticos la norma recomienda que se asuma este valor como cero. En este trabajo se estimó el valor contenido de aire como cero.

10.2.9 DETERMINACION DEL TAMAÑO MÁXIMO, LA TEXTURA Y LA FORMA DE LOS AGREGADOS.

Una vez realizado el tamizado del agregado grueso se determinó su tamaño máximo, tomando los granos retenidos en el tamiz con máximo tamaño de poro. Para determinar la textura y la forma se palpan y observan directamente los agregados de una muestra aleatoria de los agregados retenidos en los diferentes

tamices y por esta simple inspección se emite un concepto, estos protocolos están contemplados en las Normas ACI 211.

10.2.10 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO:

Para la estimación del contenido de agua de mezclado se aplicó la norma ACI 211, la cual recomienda tener en cuenta el asentamiento, tamaño máximo del agregado, la forma y textura del mismo.

La siguiente tabla nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 6. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en $litro/m^3$ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1½")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*

Fuente: ASTM C33

10.2.11 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE, AGREGADO FINO Y GRUESO.

La densidad aparente se determinó con lo reglamentado por las Normas Técnicas Colombianas NTC 237 (Anexo NTC237 Densidad del agregado) y NTC 176(Anexo NTC176 Densidad y absorción agregado grueso). La primera para determinar la densidad aparente para grano fino y la segunda para determinar la densidad aparente para grano grueso.

10.2.12 DETERMINACIÓN DE LAS MASAS UNITARIAS DE LOS MATERIALES GRANULARES.

Las masas unitarias se determinaron aplicando dos procesos que están reglamentados por las Normas Técnicas Colombianas (NTC 92), (Anexo NTC92 Masas Unitarias). La primera para determinar la masa unitaria compacta para el agregado fino y el agregado grueso.

10.2.13 DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA COMPACTA.

Para determinar la masa unitaria se emplea un recipiente de volumen y masa conocidos, el procedimiento se realiza en cinco etapas:

1. Se divide el material granular en tres porciones iguales.
2. Se vuelca la primera porción del material granular en el recipiente cilíndrico, se le aplica 25 golpes con una varilla lisa de 5/8" de 60 cm de longitud, de punta redondeada en el área expuesta del material granular y adicionando golpes por la parte lateral externa con un chipote en el recipiente.
3. Se vierte la segunda porción del material granular sobre la primera capa en el recipiente cilíndrico, luego se compacta de la misma manera que en la etapa 1.
4. Se vierte la tercera porción del material granular sobre la segunda capa formada en el recipiente cilíndrico y después se procede a compactar igual como se hizo en la 1 y 2 etapa.
5. Se procede a enrasar el material granular.

El proceso se aplica al material granular fino y al material granular grueso, tal como lo muestra la imagen

El material granular compactado en el recipiente cilíndrico se lleva a la báscula Mettler – Toledo Viper SW y se obtienen de esta forma la masa de los agregados. El procedimiento anterior se realiza por triplicado y se calcula una la masa promedio y posteriormente mediante relaciones de masas y volumen se obtienen las densidades de estos materiales.

10.2.14 DETERMINACIÓN DE LAS MASAS UNITARIAS SUELTAS.

Para determinar la densidad del material suelto, se colocó el material grueso o fino, en un recipiente cilíndrico de volumen y masa conocida, volumen (m^3) y masa (g), posteriormente se enrasa el material sin compactarse, y después se lleva a una

báscula previamente calibrada con el fin de determinar su masa. Este proceso se realiza por triplicado y a los valores obtenidos de las masas se promedian. Conocido, el volumen y la masa promedio, se relacionó esta información y se obtuvo la masa unitaria de los materiales sueltos tanto para grano grueso como para materiales finos.

10.2.15 DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES DE LOS CEMENTOS.

Para determinar las densidades de los cementantes se aplicó la Norma Técnica Colombiana (NTC 221), (Anexo NTC221 Densidad del cemento hidráulico).

Se tomó un Frasco de Le Chatelier de 250 ml limpio y vacío, el cual se llenó hasta el punto cero de su contenido con kerosene libres de agua o tetracloruro de carbono. El kerosene se vertió por el centro del recipiente evitando tocar las paredes en especial en la parte superior del cuello del Frasco y luego se sumergió en agua, contenida en un recipiente de mayor capacidad que el Frasco, con el fin de mantener el equilibrio térmico (la temperatura del kerosene no debe variar en más de $^{\circ}\text{C } 0.2$), se tapó el Frasco De Le Chatelier y se tomó una primera lectura del volumen, a la cual se le denominó (V_0).

Determinación del volumen del cemento Portland en un Frasco De Le Chatelier. Se tomó una masa de 64 g de cemento Portland (C_m) y se le agregó en pequeñas porciones al kerosene contenido en el Frasco De Le Chatelier, a la misma temperatura del líquido y teniendo cuidado de no derramar ni untar las paredes del Frasco por encima del nivel del keroseno. Se le pone la tapa al Frasco y se agita lentamente sobre su base sólida, describiendo círculos concéntricos hasta que ya no salió burbujas de aire, se deja reposar el sistema kerosene cemento. Luego se tomó la segunda lectura, tanto para el volumen como para la masa. Teniendo el volumen inicial, el volumen final y la masa de la muestra se procede a determinar la densidad del cemento aplicando la fórmula.

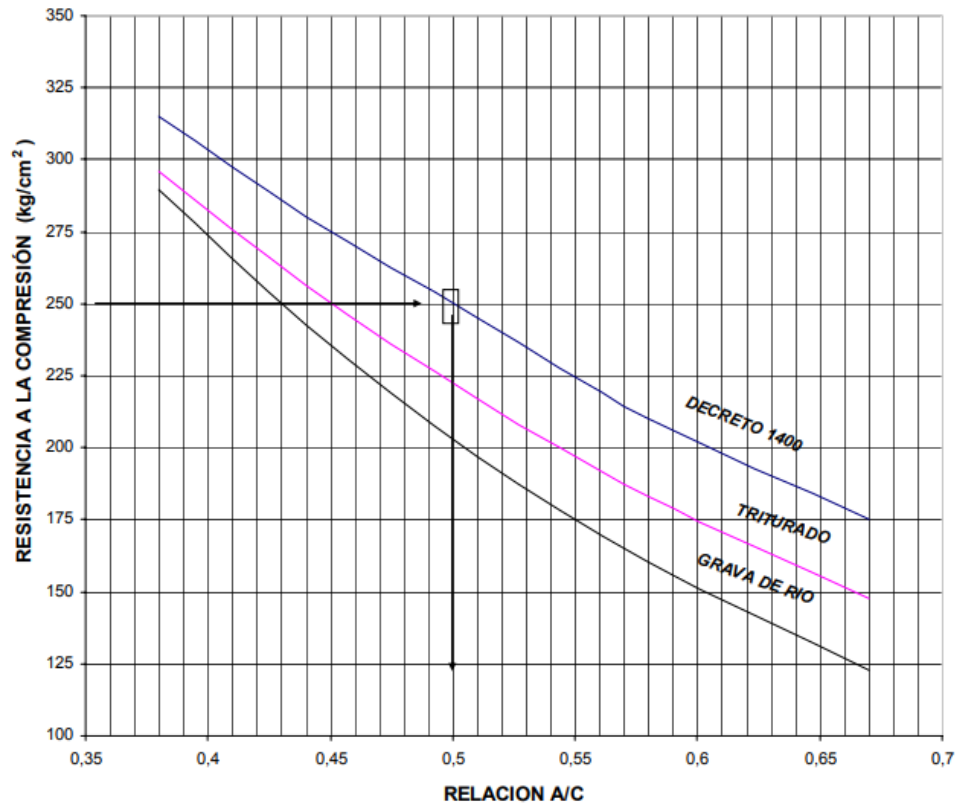
10.2.16 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS CONCRETO:

La resistencia de diseño f'_{cr} se estipuló la resistencia para concreto 3000 Psi (21MPa).

10.2.17 RELACIÓN AGUA CEMENTO DE LOS CONCRETOS

Como la relación agua cemento (a/c) es una de las más importantes de las tecnologías del concreto, se determinó aplicando la Norma ACI 211 y el código NSR-10, la cual recomienda que la menor relación a/c para obtener una hidratación completa del cemento.

Ilustración 6. Resistencia a la compresión vs. a/c



Fuente: Concreto simple. Ing, Gerardo A

10.2.18 CONTENIDO DE CEMENTO DE LOS CONCRETOS:

Una vez estimación del contenido de agua de mezclado y la relación agua cemento, se pudo calcular la cantidad de cemento para obtener un m³ de concreto.

$$C = A / A/C = \text{m}^3 \text{ de concreto}$$

10.2.19 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADOS GRUESOS Y AGREGADOS FINOS PARA LOS CONCRETOS.

Para determinar las proporciones de los agregados en los concretos se aplicó Norma ACI 211.1, por lo que se determinó en primera instancia el volumen seco y compactado de agregado grueso por volumen unitario de concreto. Por lo tanto, la proporción del agregado = b/b_0

Tabla 7. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del agregado fino.			
		MÓDULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ASTM C 29

$$V_{ag.} = 1000 - \frac{C}{G_c} - \frac{A}{G_A} - \frac{Ad}{G_{Ad}}$$

$$G_{promedio} = \frac{100}{\sum \frac{\%i}{G_i}}$$

10.2.20 EL DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETOS.

Una vez determinados los valores de las propiedades como densidad aparente, densidad nominal, porcentaje de absorción, masa unitarias compacta, masa unitaria suelta, humedad, textura, forma, tamaño máximo, granulometría, módulo de finura, selección de asentamiento, estimación de contenido de agua de mezclado, determinación de la resistencia del concreto, relación agua cemento, contenido de cemento y proporción de los agregados, se procedió a diseñar la mezcla de los diferentes materiales, tanto para concreto traslucido y concreto tradicional, se aplicando la Norma ACI 211.

10.3 ETAPA 3. ENSAYOS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Una vez realizados los ensayos se puede hacer una interpretación recolectada y a la información obtenida en el laboratorio dando respuesta a una de las preguntas de que si el uso y aplicación de materiales en concreto translucido contribuyen al mejoramiento de la construcción según la cantidad de luz transmitida.

10.3.1 ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LOS CONCRETOS.

Para los diseños de mezcla, se obtuvieron las proporciones de los materiales para los concretos convencionales y traslucidos, se procedió a fabricar las muestras de los concretos: cilindros. El diseño de mezcla arroja la información para la producción de un m³ de concreto para la resistencia esperada.

Se diseñaron tres mezclas de concreto uno de ellos con materiales convencionales mientras los otros con materiales no tan comunes, para la comprensión, para el cumplimiento de estas etapas se aplicó la Normas NSR 10 Título C (Anexo NSR-10).

En principio se estableció las edades de rotura o comprobación de la resistencia a compresión de la siguiente manera; primera edad 7 días, la segunda a los 21 días y la tercera a los 28 días de fundidos.

Una vez realizado el diseño de mezcla se pesaron los agregados finos como gruesos y demás materiales, para luego estos ser mezclados y por último adicionar la cantidad de agua correspondiente a cada mezcla. Luego se procedió a tomar los moldes cilíndricos metálicos y aceitarlos en los cuales se funde la masa de concreto previamente elaborada.

Antes de agregar el concreto al cilindro se tomó la medida del asentamiento establecido en el diseño de mezcla, una vez realizada esta operación, se vertió el material mezclado en los cilindros, a los cuales previamente se aplicó en su interior aceite vegetal para su desmoldamiento o desencofre del concreto.

Para la determinación de las propiedades físicas se usó, la traslucidez, el tiempo de fraguado y el tiempo de curado, así mismo las propiedades mecánicas como la resistencia a la comprensión.

Fotografías 12. Fabricación de los tipos de los concretos.



Fuente: Autor

10.3.2 DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO Y TIEMPOS DE CURADO DE LOS CONCRETOS.

Para determinar el tiempo de fraguado se aplicó la Normas técnicas colombiana (NTC 110), (Anexo NTC110 Consistencia de los concretos). Los equipos empleados para tal fin fueron:

- Balanza analítica de 100 g capacidad y sensibilidad de ± 1.0 g.
- Probetas graduadas de vidrio con una capacidad de 100 a 150 ml.
- Aparato de Vicat.

El procedimiento sigue de la siguiente manera: se tomó la temperatura ambiente del laboratorio, luego sobre una superficie no absorbente se colocó una muestra de 500g de cemento en forma de cono invertido y se le hizo un orificio en el centro, en el cual vertió una cantidad de agua destilada y luego, con la ayuda de un palustre se llenó el orificio con el cemento seco que lo rodeaba exteriormente, el tiempo empleando en esta operación fue de 30 s, se continuo mezclando durante 90 s hasta obtener una pasta homogénea. Se moldeó la pasta de cemento hidratado hasta darle una forma esférica y se pasó 6 veces de una mano a otra a una distancia aproximada de 15 cm, y luego se llenó con esta pasta un molde troncocónico con diámetro mayor de 70 mm y un diámetro menor de 60 mm y altura de 40 mm por su diámetro mayor y se le colocó una placa de vidrio y se voltio todo el conjunto, la pasta en la parte inferior del molde troncocónico expuesta se enrasa con un palustre y se lleva al aparato de Vicat, se introduce la aguja en la pasta repitiendo este procedimiento en diferentes puntos de la superficie expuesta hasta que no sea posible que la aguja penetre la pasta.

10.3.3 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CONCRETOS CONVENCIONAL Y TRASLUCIDO.

Los cilindros ya curados se les determina su peso, diámetro promedio, altura promedio y la resistencia a la compresión utilizando una máquina de compresión o maquina universal a cada tipo de cilindro.

Fotografía 13. Ensayos de Compresión a los cilindros de concretos convencionales como modificados.



Fuente: Autor

Fotografía 14. Cilindros de concretos convencionales y modificados fallados.



Fuente: Autor

Fotografía 15. Determinación de la resistencia a la compresión con la maquina universal de los concretos convencional como modificado.



Fuente: Autor

10.4 ETAPA 4. OBSERVACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LOS CILINDROS DE CONCRETO PARA FUTUROS USOS.

Una vez lograda la caracterización y las dosificaciones, se realiza un comparativo de los materiales para determinar qué alternativa y materiales son más favorables para el paso de luz.

10.4.1 PRUEBA DE EXPOSICIÓN ABIERTA A LA LUZ SOLAR

La prueba a la luz solar no es tan fácil de realizar ya que la unidad de medida lux es muy pequeña, lo cual llevo a tomar la unidad de medida kfc, se puede evidenciar la luz ambiente, pero esta no es constante ya varía, (nubes, hora del día).

Fotografía 16. Prueba a la luz solar con luxómetro unidad de medida Kfc.



Fuente: Autor

Esta prueba la unidad de medida fue los Footcandle ya que la unidad lux es muy pequeña, sin embargo, se realizó una conversión de unidad para saber cuántos lux serían.

$$1 \text{ fc} = 10,76 \text{ lux}$$

$$\text{Entonces, } 9.14 \text{ Kfc} = 98,35 \text{ --- } 20.000 \text{ Lux}$$

10.4.1 DETERMINACIÓN DE LA TRASLUCIDEZ A LOS CONCRETOS.

Para la determinación de la traslucidez de los concretos se empleó la prueba con una luz dirigida y constante. La prueba se llevó a cabo utilizando la luz de un bombillo, el cual se enfocaba muy cerca de los agregados y del cilindro, para saber la traslucidez de los agregados estos se colocaron en un recipiente transparente y dentro de este se introdujo el material con una altura aproximada de 6 centímetros donde se exponen al haz de luz, como lo muestran las siguientes imágenes para determinar la traslucidez.

Para determinar esta traslucidez de los materiales se realizaron los siguientes pasos:

Paso 1: Se determina el promedio con el luxómetro a la luz expuesta (Unidad de medida lux).

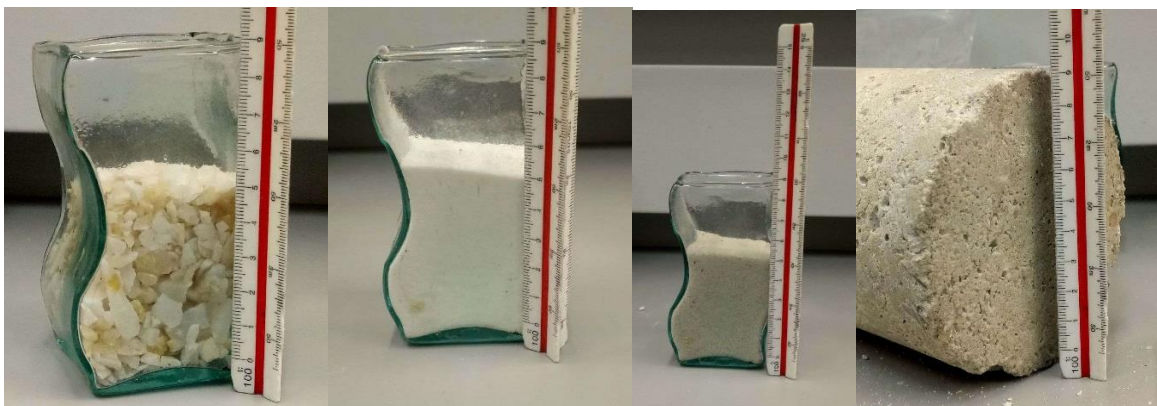
Fotografía 17. Luxómetro



Fuente: Autor

Paso 2: Se mide una capa de 6 cm (propuesta del autor) de cada agregado y la del cilindro de muestra.

Fotografía 18. Materiales usados y medidos para prueba de translucidez.



Fuente: Autor

Paso 3: Se toma cada uno de estos materiales y se coloca encima del luxómetro para determinar la luz promedio que pasar por dicho material.

Fotografía 19. Materiales siendo medidos a la prueba del luxómetro.



Fuente: Autor

10.4.2 COMPARATIVO DE LOS MATERIALES EN CADA MEZCLA DE CONCRETOS.

Tabla 8 Cuadro comparativo de los cilindros.

CUADRO COMPARATIVO DE LOS MATERIALES POR CADA MEZCLA REALIZADA DE CONCRETO			
	Cilindros modificados		Cilindros Convencional
Materiales utilizados			
Muestras	1	2	1
Piedra Cuarzo	X	X	
Piedra común			X
Vidrio	X	X	
Arena Ottawa	X	X	
Arena Guamo			X
Celulosa	X		
Fibra Óptica	X		
Piedra Pómez	X	X	
Cemento Blanco	X	X	X
Agua	X	X	X
Cantidad de cilindros	6	6	6

Fuente: Autor

La tabla 11 se muestran los resultados con los materiales utilizados para determinar la transmitancia de luz.

11. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los objetivos planteados en este trabajo se efectuaron conforme a las metodologías y a los estándares exigidos por las normas nacionales desde la caracterización, el diseño de mezcla, fabricación y resistencias.

11.1 RESULTADOS FABRICACIÓN DE LOS CILINDROS DE CONCRETOS.

Los diseños anteriormente descritos, muestran resultados del concreto convencional y de los concretos traslucidos.

- **Fabricación de concretos convencionales:** La realización de estos cilindros fue satisfactoria lo que permitió hacer ensayos de compresión.
- **Fabricación de concreto traslucido 1:** La realización de estos cilindros fue insatisfactoria, como se observa en la siguiente imagen (con celulosa), lo que no permitió hacer ensayos de compresión.

Fotografía 20. Fabricación de cilindros traslucidos con celulosa



Fuente: Autor

Estos cilindros presentaron falla debido a la celulosa ya que se agregó el 1.2 % del total del material, lo que generó en la mezcla una viscosidad fuera de lo normal, haciendo que no fraguara adecuadamente.

- **Fabricación de concreto traslucido 2:** La realización de estos cilindros fue satisfactoria, lo que permitió hacer ensayos de compresión.

Para la realización de dichos cilindros fue necesario agregar un aditivo acelerante ya que por motivo de tiempo se debía presentar un comparativo de los concretos convencional y modificado.

Para saber la cantidad adecuada se procedió a llamar directamente con el proveedor para que indicase la cuantía necesaria para un periodo de 15 días aproximadamente, dando como resultado 110ml.

11.2 RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CONVENCIONAL Y MODIFICADOS.

Los valores obtenidos de los agregados finos y agregados gruesos se presentan en los diseños de mezclas para resistencias de 3000 psi (21MPa) tanto para el concreto convencional y el concreto modificado.

Los valores reportados en estas tablas corresponden a las siguientes propiedades: densidad aparente, densidad nominal, porcentaje de absorción, granulometría, textura, forma, tamaño máximo, estimación del contenido de aire, masa unitaria compacta, densidades de los cementos, selección de asentamiento, estimación de contenido de agua de mezclado, determinación de la resistencia del concreto, relación agua cemento, contenido de cemento y proporción de los agregados.

Para producir estos concretos, se tienen muchos interrogantes que fueron extraídos en esta investigación y de algunos compuestos se desconoce cómo está conformado el “litracon” o el “ilum”, Sin embargo, este trabajo de investigación trata de demostrar con otros materiales los de beneficios a los concretos translucidos.

Tabla 9. Diseño de mezcla de los concretos

Propiedades de los Materiales	Convencional	Modificado con celulosa	Modificado sin celulosa	Unidad
Resistencia	3000	3000	3000	psi
Volumen de los cilindros				Unidad
Volumen promedio cilindros	1649,85	1650,10	1640,40	cm ³
Cantidad de cilindros	6	6	6	Und
Volumen de los cilindros	9899,11	9900,57	9842,39	cm ³
Desperdicio del 5%	494,96	990,06	984,24	cm ³
Volumen de los cilindros	0,0103941	0,0108906	0,0108266	m ³
Cemento				Unidad
Peso Especifico	2,73	2,73	2,73	kg/m ³
Agregado Grueso				Unidad
Masa Unitaria Compactada	1494,4	1234,3	1253,1	kg/m ³
Densidad Aparente	2,52	2,47	2,47	gr/cm ³
Forma	irregular	irregular	irregular	Adimensional
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	3/4"	3/4"	Adimensional
Agregado fino				Unidad
Masa unitaria compactada	1.204,70	939,10	925,30	kg/m ³
Densidad aparente seca	1,43	1,41	1,41	g/cm ³
Forma	redondeada	redondeada	redondeada	Adimensional
Diseño de Mezcla				Unidad
Resistencia de Diseño	210	210	210	kg/cm ²
Selección de Asentamiento	1	1	1	in
Estimación del Contenido de Aire	0	0	0	%
Estimación del Contenido de Agua	185	185	185	kg/m ³
Relación a/c (Grafica)	0,58	0,58	0,58	Adimensional
b/bo (Tabla)	0,86	0,86	0,86	Adimensional
Peso del agregado Grueso	1.285,18	1.061,50	1.077,67	kg/m ³
Volumen del agregado Fino	650,54	666,03	656,24	L/m ³
Volumen del agregado Grueso	509,99	429,76	436,30	L/m ³
Contenido de Cemento	319,0	319,0	319,0	kg/m ³
Total, cemento	3,32	3,47	3,45	kg/m ³
Total, Agua	1,92	2,01	2,00	kg/m ³
Total, Arena Guamo - Ottawa	6,76	7,25	7,10	kg/m ³
Total, Grava	13,36	11,56	11,67	kg/m ³
Total	25,36	24,30	24,23	kg/m ³

Fuente: Autor

Tabla 10. Proporciones en peso de la mezcla convencional y modificados

Proporciones en peso de la mezcla convencional y modificados		
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
1	2,04	4,03
Proporciones en peso de la mezcla modificado con celulosa		
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
1	2,09	3,33
Proporciones en peso de la mezcla modificado sin celulosa		
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso
1	2,06	3,38

Fuente: Autor

11.3 RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS CONCRETOS TRADICIONALES Y TRASLUCIDOS.

Los diferentes concretos tradicionales como traslucidos se sometieron a las pruebas o ensayos que permitieron valorar las propiedades de traslucidez, el tiempo de fraguado y el tiempo de curado, resistencias a la comprensión.

11.4 RESULTADOS PRUEBA DE LA TRASLUCIDEZ DE LOS CONCRETOS.

Las pruebas de traslucidez para los diferentes especímenes de concretos traslucidos dejan ver su comportamiento cuando se expone a una luz y es evidente que estos materiales son conductores de luz sin importar la fuente.

11.4.1 PRUEBA DE LUZ CONSTANTE.

En cuanto a la prueba de traslucidez con haz de luz dirigido en cilindros (10 cm de diámetro) depende de la cantidad de luz transmitida y de su posición en la cual incide el haz de luz.

La prueba de luz dirigida aplicada a los materiales para determinar su translucidez no tiene una metodología, lo cual se decidió colocar dichos materiales en un recipiente con un espesor de 6cm los cuales se interponen entre el luxómetro y la luz, no se tomó la luz directa del sol ya que esta tiende a cambiar durante el día, por lo cual se buscó un entorno más controlado con una luz e iluminación constante.

Tabla 11 Resultados del Luxómetro

Resultados luxómetro, material de capa 6 cm.				
Material	Unidad		Porcentaje	Unidad
Luz natural	98,35	20000 lux	267,3	%
Luz artificial	368	2000 lux	100	%
Cuarzo	13	2000 lux	3,5	%
Vidrio	56	2000 lux	15,2	%
Ottawa	7	2000 lux	1,9	%
Celulosa	47	2000 lux	12,8	%
Cilindro 10 cm	0,95	2000 lux	0,3	%

Fuente: Autor

11.5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CONCRETOS TRADICIONALES Y TRASLUCIDOS.

La siguiente tabla, presenta los resultados hallados en las pruebas de resistencias a la compresión, con que se hicieron los cilindros de concretos convencionales y modificados que sirvieron como referentes de comparación con los concretos traslucido, objeto de estudio en esta investigación.

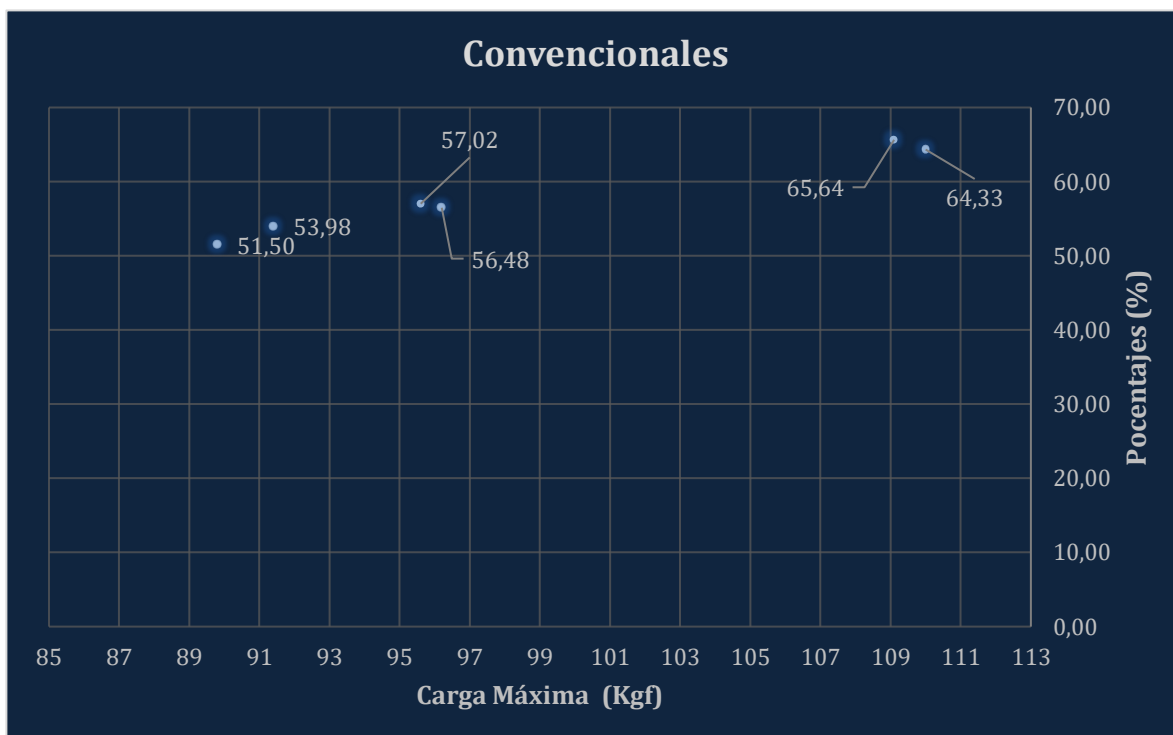
Tabla 12. Resultados de la resistencia a la compresión de los concretos

ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO TRADICIONALES						
Ensayos	7 días		21 días		28 días	
Fecha Fundición	29/03/2019		29/03/2019		29/03/2019	
Fecha Ensayo	5/04/2019		22/04/2019		26/04/2019	
Referencia	C1 - 3000 Psi	C2 - 3000 Psi	C3 - 3000 Psi	C4 - 3000 Psi	C5 - 3000 Psi	C6 - 3000 Psi
Promedio Diametro (cm)	10,11	10,26	10,06	10,14	10,16	10,02
Promedio Altura (cm)	20,54	20,43	20,49	20,53	20,45	20,52
Peso de la muestra (g)	3562,5	3589,7	3716,00	3660,00	3711,00	3632,00
Tipo de Falla	Cónica y Transversal	Cónica y Transversal	Transversal	Transversal	Cónica y Transversal	Cónica y Transversal
Carga Máxima (Kgf)	91,4	89,8	95,6	96,2	110	109,1
K N/m2	9140	8980	9560	9620	11000	10910
Área m2	80,28	82,68	79,49	80,75	81,07	78,80
Esfuerzo g/cm2	113,86	108,62	120,27	119,13	135,68	138,45
Lb/pulg2 PSI	1619,40	1544,87	1710,70	1694,38	1929,82	1969,20
%	53,98	51,50	57,02	56,48	64,33	65,64

ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO MODIFICADOS						
Ensayos	7 días		21 días		28 días	
Fecha Fundición	10/04/2019		10/04/2019		10/04/2019	
Fecha Ensayo	13/04/2019		22/04/2019		26/04/2019	
Referencia	C1 - 3000 Psi	C2 - 3000 Psi	C3 - 3000 Psi	C4 - 3000 Psi	C5 - 3000 Psi	C6 - 3000 Psi
Promedio Diámetro (cm)	10,18	10,03	10,05	10,14	10,13	10,16
Promedio Altura (cm)	20,42	20,34	20,46	20,43	20,33	20,43
Peso de la muestra (g)	3640	3553	3676,00	3674,00	3749,00	3719,00
Tipo de Falla	Cónica y Transversal	Cónica y Transversal	Transversal	Transversal	Cónica y Transversal	Cónica y Transversal
Carga Máxima (Kgf)	39,6	39,9	89	82,8	115,5	117,2
K N/m2	3960	3990	8900	8280	11550	11720
Área m3	81,45	79,01	79,33	80,81	80,54	81,02
Esfuerzo g/cm2	48,62	50,50	112,19	102,47	143,40	144,66
Lb/pulg2 PSI	691,56	718,26	1595,77	1457,41	2039,67	2057,49
%	23,05	23,94	53,19	48,58	67,99	68,58

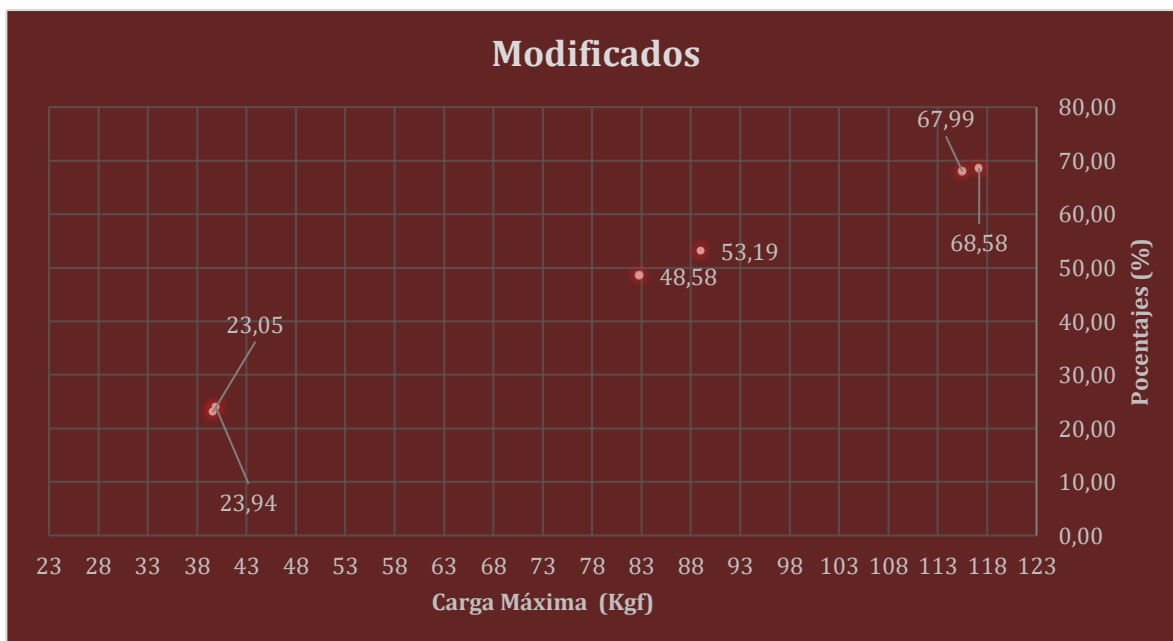
Fuente: Autor

Gráfica 1. Carga máxima vs porcentaje alcanzado a los 3000 PSI concreto convencional.



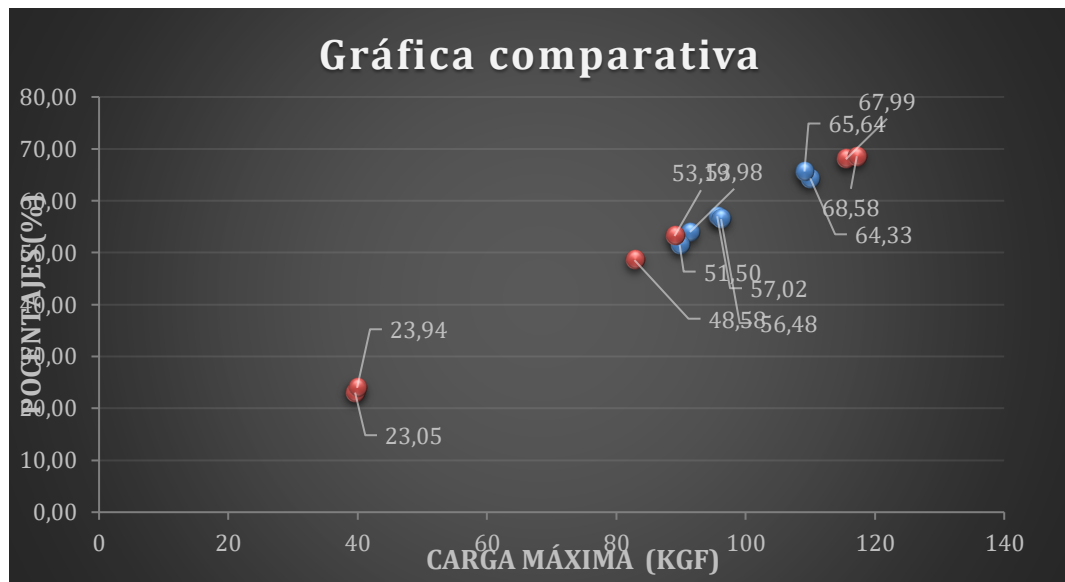
Fuente: Autor

Gráfica 2. Carga máxima vs porcentaje alcanzado a los 3000 PSI concreto modificado.



Fuente: Autor

Gráfica 3. Comparativa de la carga máxima vs porcentaje alcanzado a los 3000 PSI de los concretos modificado como convencional.



Fuente: Autor

- Esta investigación genera una gran cantidad de derivaciones de resultados y de incógnitas, como lo es el caso de la celulosa usada en los concretos, si es factible y en qué porcentaje, además de un posible beneficio en la resistencia térmica que ofrece la celulosa y que generalmente permite soportar buenas temperaturas, a su vez es difícil una comparativa de los tipos de celulosa, puesto que se tienen diferentes tipos viscosidad y absorción de agua. El proyecto tomó una de viscosidad media (Anexo Ficha técnica mecellose_fmc_23502- Celulosa) dentro la variedad de celulosas, suponiendo un punto de partida.
- La reacción álcali sílice es muy probable que ocurra en estos concretos ya que contiene gran cantidad de materiales que lo causan (vidrios, cuarzós, arenas), de ahí la importancia de encontrar un material económico y eficaz que prevenga estas reacciones como lo es el litio y en este caso se buscó la piedra pómez (Anexo Piedra Pómez Pisa ASR), como material natural para mejorar o prevenir esta reacción ya que existen muchos otros materiales con un costo elevado, pero debido a los tiempos y costos de los ensayos no fue posible determinar si este agregado proporciona este posible beneficio.
- Otro resultado que se observa es la falta de una norma que determine el grado de translucidez, para cualquier material, y además se podría usar un aditivo ya existente o la invención de uno, que mejore estas propiedades, ya sea para dar translucidez o para reflejar la luz dadas ciertas condiciones, otro posible uso a estos tipos de concreto.

12. CONCLUSIONES

- La mejor aplicación del concreto translucido en obras de construcción es muy variada, desde el ahorro en el gasto energético de la edificaciones gubernamentales, institucionales, hoteles, cocinas de restaurantes, salones, zonas de turismo, lugares que pueden tener una mayor iluminación, en el hogar para generar visualmente espacios de mayor tamaño y de calidad, a nivel empresarial como en oficinas, también a su vez permite la entrada de luz genere un ambiente térmico más agradable en ambientes cerrados, al igual que sus usos tiene gran variedad, desde el punto de vista arquitectónico, desde los prefabricados de muros, baldosas, cocinas , mesas de concreto, fachadas especiales, entre otras.
- Los materiales utilizados contribuyen a la realización de un concreto translucido y se debe en gran parte a sus componentes, los agregados finos y gruesos como son la arena de ottawa, vidrio y cuarzo, los valores de traslucidez alcanzados permiten inferir que estos materiales permiten sin mayores esfuerzos la iluminación en un recinto y realizar actividades en este lugar sin invertir grandes costos de energía eléctrica siendo aptos y sin importar la fuente luminosa.
- Los materiales propuestos y usados en este trabajo finalmente nos permiten elaborar un concreto con características traslucidas, pero este no fue el que inicialmente se pensó, a medida que el proyecto avanza se observó que la celulosa usada (1.2%) causo en gran medida el error para las primeras muestras de concreto, lo que genero realizar otros cilindros más sencillos por los costos de los materiales y los tiempos de entrega del proyecto.
- Al comparar los resultados de los concretos convencional y modificados podemos observar las resistencias a la compresión a los 28 días de edad, los concretos modificados donde se tiene una resistencia promedio 2057.49 (kg/cm²) siendo considerablemente mayor al valor de un concreto convencional 1969.20 (kg/cm²).
- Finalmente, todos los materiales se obtuvieron de manera local, aunque conseguirlos en un solo lugar presenta grandes dificultades, como se menciona en el proceso de exploración de los materiales, esta investigación estudia las propiedades ópticas que permiten mejorar la calidad del concreto, por esa razón se buscó la celulosa para mejorar la resistencia, durabilidad y sus propiedades térmicas, pero debido a falta mayores estudios sobre este material no se obtuvieron resultados favorables, asumiendo que puede ser un componente clave en eco-edificios para así extenderse a lo largo del futuro en diseños arquitectónicos.
- Los datos obtenidos del luxómetro a la luz natural (267,3 %) son mayores que los resultados en el entorno controlado (100 %), con el que se hizo la prueba a los materiales y el concreto, lo que concluye que estos valores son mucho mayores a la luz del día.

- Con las mezclas de los concretos translucidos, el cemento provoca una disminución de la translucidez, debido a que este se aglomera y homogeniza en la superficie de los agregados, ocasionando que la luz absorbida y transmitida no se propague de manera eficiente, por lo tanto, la translucidez disminuye.

13. RECOMENDACIONES

- Las posibles líneas de investigación que se pueden continuar con el actual estudio a los materiales llegan a ser muy variados, ya que este trabajo de grado deja muchas incógnitas por la exigencia del mismo, dejando interrogantes tales como la celulosa usada en los concretos, que cantidad es la adecuada, y cual puede mejorar su capacidad de resistencia.
- Adicional a lo anterior se deja en estado pendiente un cilindro que lleva como agregado fino piedra pómez, este con el fin de determinar si se disminuye o previene la reacción álcali sílice, de aquí también la importancia de buscar un material natural que mejore o prevenga estas reacciones ya que existen muchos, pero con un costo elevado.
- Otra línea de investigación posible es la no existencia de una norma que determine el grado de translucidez, al observar la transmitancia óptica obtenida por medio del luxómetro, se determinó que la intensidad está dada por unidades de medida (lux) pero no se sabe cuándo se considera un concreto translucido o no.
- Un posible estudio de un concreto o mortero que con ciertos materiales pueda reflejar la luz, donde pueda darse las condiciones y así darse otro buen proyecto de investigación.
- Se puede desarrollar investigaciones sobre mas aditivos que mejoren los comportamientos de los concretos translucidos ya que contamos con los agregados que son aptos para un tipo de concreto de estas características, pero unos de los problemas son los costos de estos mismos.

14. BIBLIOGRAFÍAS

(VILLANUEVA Arturo. *Síntesis Y Validación De Concreto Traslucido Empleando Materiales Del Caribe Colombiano*. Cartagena: Universidad Tecnológica De Bolívar. Facultad De Ingeniería. Modalidad Investigación, 2013.). (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Concrete masonry elements (concrete blocks) for non-structural use - Requirements. ASTM C129-06. International: West Conshohocken, P. 2. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Determination of length change in cement, mortar and concrete. ASTM C490 / C490M - 11. International: West Conshohocken, PA, 2011, www.astm.org. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Leche Determination of the setting time of concrete mixtures by means of their resistance to penetration. ASTM C403M-08. International: West Conshohocken, PA, 2008, www.astm.org. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Specification for the mixing water used in the manufacture of hydraulic cement concrete. ASTM C1602M-06. International: West Conshohocken, PA, 2006, www.astm.org. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Sta Standard for masonry fill concrete. ASTM C476-10. International: West Conshohocken, PA, 2010, www.astm.org,. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard for crowning concrete cylindrical specimens. ASTM C617-12. International: West Conshohocken, PA, 2012, www.astm.org. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard for sampling freshly mixed concrete. ASTM C172M-10. International: West Conshohocken, PA, 2010, www.astm.org. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard practice for making and curing specimens of concrete for laboratory testing. ASTM C192. International: West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM C33. International: West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org. (s.f.).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Specification for Portland Cement. ASTM - C 150. International: ASTM. (s.f.).

- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. ASTM 94. International: West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org. (s.f.).
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression. ASTM C512 -87. International: West Conshohocken, PA, 1994, www.astm.org. (s.f.).
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Terminology relating to concrete and its aggregates. ASTM C125-13b. International: West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org. (s.f.).
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS Test method for settling concrete in hydraulic cement. ASTM C143- 12. International: West Conshohocken, PA, 2012, www.astm.org. (s.f.).
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. Aggregates for concrete - Requirements. ASTM C33M-13. International: West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org. (s.f.).
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, Bogotá D.C., Colombia, Abril de 2012, Pág. 510. (s.f.).
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, Bogotá D.C., Colombia, Abril de 2012, Pág. C-75. (s.f.).
- Concepto de, Imagen, 01/04/2019, Disponible en internet < <https://concepto.de/fibra-optica/> >. (s.f.).
- Congreso Internacional de materiales. avances en el desarrollo de los concretos translúcidos. Medellín.2014, No. 5 pp. 81-86. (s.f.).*
- HOYOS, Alain. Concreto translúcido transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas. magíster, 2012. (s.f.).*
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Agua para la elaboración de concreto. NTC 3459. Bogotá: ICONTEC, 2001. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Agua para la elaboración de concreto. NTC 3459. Bogotá: ICONTEC, 2001. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Cemento Portland. Clasificación y nomenclatura NTC 30. Bogotá: ICONTEC, 2014. . (s.f.).

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Concreto Fresco. Toma de muestras. NTC 454. Bogotá: ICONTEC, 2014. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Concreto Premezclado. NTC 3318. Bogotá: ICONTEC, 2008. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de Concreto. NTC 673. Bogotá: ICONTEC, 2014. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Especificaciones de los agregados para concreto. NTC 174. Bogotá: ICONTEC, 2014. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración. NTC 890. Bogotá: ICONTEC, 2010. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. NTC 396. Bogotá: ICONTEC, 2014. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. NTC 77. Bogotá: ICONTEC, 2014. . (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. NTC 93. Bogotá: ICONTEC, 2014. (s.f.).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Toma de Muestras, y para los agregados. NTC 129. Bogotá: ICONTEC, 2014. (s.f.).
- International Journal of Inventive Engineering and Sciences. Light Transmitting Concrete by using Optical Fiber. ISSN: 2319-9598, Volume-3 Issue-1, December 2014. (s.f.).
- Losonczy A., *“Translucent Building Block and a Method for Manufacturing the same”*. World Intellectual Property, January 15, 2009., <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2009007765&tab=PCTBIBLIO&maxRec=1000>. (s.f.).
- MARTÍNEZ, María. *Hormigón Translúcido Con Fibra Óptica*. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia. Manufactura y producción, 2011. (s.f.).

C. Shi, K. Zheng. "A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete". *Resources Conservation and Recycling* No. 52 pp 234–247. 2007

MONCALEANO Johana, JARAMILLO Guillermo. *Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso*. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. Modalidad Investigación, 2016. Pág . (s.f.).

Z. Zhou, G.Ou, Y. Hang, G. Chen, J. Ou. "Research and development of plastic optical fiber based smart transparent concrete", *Proc. of SPIE* Vol. 7293 72930F-1.

Simposio Nacional de Biopolímeros. CELULOSA: UN POLÍMERO DE SIEMPRE CON MUCHO FUTURO. Medellín, ISSN 2256-1013, Edición Especial, pp. 01-04. (s.f.).

Firma
Wilmer Yahir Rojas Rincón
Código: 505632

Firma Asesor del Trabajo de Grado

FECHA: 29 de abril de 2019

15. ANEXOS

1. Anexo avances en el desarrollo de los concretos translúcidos
2. Anexo Celulosa - un polímero de siempre con mucho futuro
3. Anexo Cemento blanco concretero 04-10-2012
4. Anexo Concreto translúcido transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino
5. Anexo Ficha Técnica Cemento Blanco de Uso General
6. Anexo Ficha técnica mecellose_fmc_23502- Celulosa
7. Anexo Light Transmitting Concrete by using Optical
8. Anexo Materiales no tradicionales concreto translúcido
9. Anexo NSR-10
10. Anexo NTC 1028 Contenido de aire
11. Anexo NTC 110 Consistencia de los concretos
12. Anexo NTC 1299 Aditivos para concreto
13. Anexo NTC 1377 Elaboración y curado de espécimen de concreto
14. Anexo NTC 174 Especificaciones de los agregados para concreto
15. Anexo NTC 176 Densidad y absorción agregado grueso.
16. Anexo NTC 221 Densidad del Cemento
17. Anexo NTC 237 Densidad del agregado
18. Anexo NTC 3459 Agua para elaborar concreto
19. Anexo NTC 396 Asentamiento del concreto
20. Anexo NTC 454 Toma de muestras
21. Anexo NTC 673 Compresión de cilindros normales
22. Anexo NTC 77 Tamizado de agregados finos y gruesos
23. Anexo NTC 92 Masas Unitarias.
24. Anexo Piedra Pómez Pisa ASR
25. Anexo REEC Concreto translúcido – luz natural para ambientes fechados
26. Anexo Uso de meta caolín, vidrio reciclado y fibra óptica en la elaboración de un concreto translúcido.